Los nuevos amos de la biomasa

Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad



"Quien logre producir abundantes biocombustibles no sólo hará muchísimo dinero... ¡hará historia!... Esas compañías o países serán los triunfadores económicos de la próxima era del mismo modo que hoy lo son las naciones ricas en petróleo."

J. Craig Venter
Synthetic Genomics, Inc., 20 de abril de 2009

Acerca de la cubierta

"The New Biomass Harvest" (La nueva cosecha de biomasa), por el Colectivo La Colmena, 2010, a partir de la obra "Otoño" de Alphonse Mucha (de la serie Las cuatro estaciones, 1896, como se muestra abajo). Según el historiador Vaclav Smil, la década de 1890 fue la última en que la economía industrial global se sostuvo a partir de la biomasa. Para la economía actual basada en la biomasa, Mucha seguramente hubiera pintado algo muy diferente.



Reconocimientos

Este reporte es resultado de la colaboración con muchos aliados de la sociedad civil que han participado activamente en su génesis, investigación, escritura y revisión. En particular, queremos agradecer enfáticamente a la Dra. Rachel Smolker de Biofuelwatch y a sus colegas Almuth Ernsting y Deepak Rughani. Parte de la investigación original y el enfoque de este reporte lo realizó Rachel y mucho de lo que aprendimos sobre la biomasa fue por ella. También estamos muy agradecidos con Delphine Deryng y José Borras Ferrán quienes contribuyeron a la investigación original y escribieron durante su periodo de internos en el Grupo ETC.

Gracias a David Lee, Lara Lucretia y todo el colectivo de diseño La Colmena, quienes no solo proveyeron de excelentes diseños originales, sino que también brindaron inspiración, camaradería y algunas frases buenísimas. Gracias a Helena Paul de Econexus por comentar las primeras versiones de este reporte y gracias a Anne Petermann del Global Justice Ecology Project. Este reporte tiene raíces en una serie de reuniones organizadas por la sociedad civil para explorar qué significan hoy las tecnologías que convergen. Apodamos a esas "reuniones BANG" (la convergencia de las tecnologías de los bits, los átomos, las neuronas y los genes). Muy significativo fue un seminario realizado en Montpellier, Francia, en noviembre de 2008, organizado por el Grupo ETC y el proyecto What Next?; BEDE, Fondation Sciences Citoyennes. Hubo también reuniones regionales realizadas (entre otros) por Centro Ecológico (Brasil), African Biodiversity Network (Etiopía), African Centre for Biosafety (Sudáfrica), CASIFOP (México), EQUINET, SEARICE (Filipinas), Alliance for Humann Biotechnology, Amigos de la Tierra, ICTA, Center for Genetics and Society y Movement Generation (todos ellos de Estados Unidos). El Grupo ETC agradece profundamente el apoyo financiero de SweedBio (Suecia), HKH Foundation, CS Fund, Christensen Fund, The Lillian Goldman Charitalble Trust, Ben and Jerry's Foundation (Estados Unidos); Heinrich Böll Foundation (Alemania/México), Oxfam Novib y el Norwegian Forum for Environment and Development (Noruega).

El Grupo ETC es el responsable único de los puntos de vista expresados en este texto.

Edición: Leila Marshy

Diseño: Shtig (.net)

Arte: Colectivo La Colmena y Shtig

Los nuevos amos de la biomasa: biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad es el Communiqué no. 104 del Grupo ETC.

Publicado en inglés en octubre de 2010

Traducción al castellano: Raquel Núñez y Octavio Rosas-Landa

Todas las publicaciones del Grupo ETC están disponibles sin costo en nuestro sitio web: www.etcgroup.org

Los nuevos amos de la biomasa

Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad

Panorama:

El tema

Con el pretexto de afrontar la degradación ambiental, el cambio climático y las crisis energética y alimentaria, la industria propone una "nueva bioeconomía" con el reemplazo de los hidrocarburos fósiles por materia viva, hoy llamada "biomasa". La biomasa más productiva y accesible se ubica en el Sur global, justo en el espacio donde, hacia el año 2050, podría haber hasta dos mil millones de bocas más que alimentar, en tierras que (gracias al caos climático) están en peligro de reducir su producción entre 20 y 50 % para entonces. A pesar de que este podría ser el peor momento posible para ejercer aún más presión sobre los ecosistemas, se dice a los gobiernos que la "biología sintética" – una tecnología apenas en proceso de invención – podrá producir y transformar toda la biomasa que se requiera para reemplazar a todos los combustibles fósiles que actualmente usamos. Al mismo tiempo, los nuevos mercados de carbono empujan a transformar la vida vegetal en "inventarios de carbono" para su comercio (supuestamente para contribuir a la reducción de las emisiones). Las compañías que promueven esta nueva bioeconomía y que dicen "confíen en nosotras", (de energía, de química, agronegocios y silvicultura), son las responsables en primer lugar de las crisis climática y alimentaria que hoy padecemos.

Entre el aumento de las hambrunas y el caos climático, este es el peor momento posible para ejercer aún más presión sobre los ecosistemas.

Qué está en juego

En juego están la alimentación, la energía y la seguridad de las naciones. El 24 % de la biomasa terrestre que se produce cada año se consume en usos humanos y los especuladores mundiales quieren aprovechar la convergencia de múltiples crisis para mercantilizar y monopolizar el restante 76 % de la biomasa (y sería más si consideramos a la biomasa oceánica). Los sectores de la industria que tienen interés en convertir los cultivos en biomasa incluyen al energético, químico, alimentario, plásticos, textil, farmacéutico, papelero y de la construcción, además del sector del comercio de carbono, lo que arroja un mercado combinado de más de 17 billones de dólares.[1]

Los actores

Los medios de comunicación especializados reportan con frecuencia noticias sobre las compañías de reciente formación, como Synthetic Genomics, Amyris Biotechnologies y LS9 pero, detrás de los encabezados, el capital para el desarrollo de la biología sintética proviene del Departamento de Energía de Estados Unidos, así como de grandes empresas energéticas como BP, Shell y ExxonMobil, químicas como BASF y DuPont, o de los agronegocios y la silvicultura, como Cargill, ADM, Weyerhauser y Syngenta. Si bien las primeras instalaciones industriales "demostrativas" están siendo construidas en Europa y Estados Unidos, los países con el mayor volumen de plantas vivas albergarán a la mayoría de las plantas de producción, pues en última instancia, para la nueva bioeconomía "la geografía es destino". La industria ya tiene los ojos puestos en Brasil, México, Sudáfrica y Malasia como sitios de experimentación para esta nueva tecnología. Mientras tanto, los gobiernos pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ya están inyectando más de 15 mil millones de dólares en subsidios a la economía de la biomasa.

Foros

Tanto las empresas líderes como los científicos involucrados en el desarrollo de la biología sintética están de acuerdo en que se requiere cierto tipo de supervisión o regulación, y reconocen los riesgos potenciales para la bioseguridad provenientes del desarrollo de nuevas especies de microbios y plantas. Aunque la biología sintética y la economía de la biomasa impactarán profundamente los usos del suelo, la diversidad biológica, el ambiente y el bienestar humano, todas esas implicaciones están siendo desdeñadas por la mayoría de los gobiernos e investigadores. Dentro de Naciones Unidas, el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) está abordando activamente el tema de la biología sintética. Pero a pesar de sus implicaciones para la seguridad alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) parecen ignorar los desarrollos recientes.

En las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), los gobiernos del Sur no parecen estar al tanto de que la llamada "transferencia de tecnología" está siendo sesgada con el fin de extender el monopolio de la industria sobre las tecnologías de la biomasa, los recursos y territorios del Sur global. Las implicaciones de la "nueva bioeconomía" son tan vastas que deberían ser incluidas en la agenda de todas las agencias del sistema de Naciones Unidas y, especialmente, deberían ser abordadas en la Cumbre de Río+20, a realizarse en Brasil, en 2012.

Las políticas

En 2010 se anunció que investigadores en biología sintética pueden manipular el ADN para construir microorganismos artificiales y autorreplicantes que nunca antes existieron sobre la Tierra. Ello tendrá implicaciones inmediatas sobre la biodiversidad, la bioseguridad y las economías nacionales. Las formas de vida sintéticamente construidas no deberían ser liberadas al ambiente, y la ONU y los gobiernos nacionales deberían establecer – por lo menos – moratorias para prevenir tales liberaciones.



"Biomasacre" por el Colectivo La Colmena

Como medida urgente, deben realizarse estudios para determinar las implicaciones de lo que Estados Unidos denomina "la revolución basada en la biología" como medio para afrontar el cambio climático, la crisis de los ecosistemas mundiales, el abasto de energéticos y alimentos y sus efectos sobre la supervivencia de pueblos u comunidades.

La sociedad civil y los movimientos sociales organizados en torno a los problemas relacionados con la agricultura, el derecho a la tierra, la producción forestal, la vida marina, las tecnologías emergentes, las toxinas químicas, el cambio climático, la justicia energética y el consumo necesitan compartir sus análisis urgentemente y coordinar la resistencia frente a las amenazas comunes que están surgiendo con la nueva "bioeconomía".

Contenido

Introducción: Cuidado con la biomasa

En todo el mundo, las estrategias de las empresas y los gobiernos para afrontar el cambio climático y la producción energética, agrícola, tecnológica y de materiales están convergiendo cada vez más en torno a un mismo concepto: la biomasa.

La biomasa engloba más de 230 mil millones de toneladas de materia viva[2] que la Tierra produce cada año, como árboles, arbustos, pastos, algas, granos, microbios y más. Esta riqueza, conocida también como "la producción primaria" de la Tierra, es mucho más abundante en el Sur global – en los océanos tropicales, los bosques y pastizales de rápido crecimiento – y sostiene la vida, cultura y necesidades básicas de la mayoría de los habitantes del planeta. Hasta ahora, los seres humanos utilizan sólo una cuarta parte (24 %) de la biomasa terrestre para satisfacer sus necesidades básicas y la producción industrial,[3] pero sólo consumen una mínima parte de la biomasa oceánica, lo cual deja un 86 % del total de la biomasa existente en el planeta (en mar y tierra) sin mercantilizar.

Sin embargo, gracias a los cambios tecnológicos – particularmente en los campos de la nanotecnología y la biología sintética –, ese 86 % de la biomasa no utilizada (y no mercantilizada) puede convertirse en un objetivo de la industria, la cual pretende utilizarla como fuente de carbono "verde" viviente para abastecer, o parcialmente sustituir, los combustibles fósiles de carbón "negro" provenientes del petróleo, el carbón y el gas que actualmente sostienen a las economías industriales del Norte global. Los cambios pueden ya estar en proceso para reclamar a la biomasa como un componente crucial de la economía industrial global, desde la generación de energía hasta la producción de combustibles, fertilizantes y sustancias químicas. La primera parte de este informe ofrece un panorama de la situación actual y de lo que una "nueva bioeconomía" significa para los pueblos, sus modos de vida y el ambiente. La segunda parte ofrece un vistazo de los "nuevos amos de la biomasa", es decir, de los actores que la impulsan y las tecnologías a las que está asociada.

Biomasa:

Materia viva (o que estuvo viva). Se refiere escuetamente al peso de la materia biológica (plantas, animales, bacteria, hongos, etc.) que se encuentra en un área específica. Ahora la industria usa el término biomasa para referirse la materia biológica no fosilizada que puede utilizar como insumo para la producción de combustibles, químicos y energéticos.



"Haciendo" biomasa. Foto: Asea

Lo que se nos vende como un cambio benigno y benéfico, del carbón negro al carbón verde, es en los hechos un despojo global de los recursos naturales (del Sur al Norte) para monopolizar una nueva fuente de riqueza. Si este asalto prospera, la apropiación de la biomasa del Sur dirigida al abaratamiento del manejo de las economías del Norte constituirá un acto imperialista en pleno siglo XXI que profundizará la injusticia y empeorará la pobreza y el hambre. Acaparar los frágiles ecosistemas para ampliar los inventarios de carbono y azúcar es una acción criminal contra un planeta ya de suyo en crisis. En vez de aceptar las falsas promesas de una nueva y verde bioeconomía, la sociedad civil debería rechazar las propuestas de los nuevos amos de la biomasa y su más reciente asalto sobre la tierra, los recursos y nuestro planeta.

Nota sobre las unidades:

En este informe una tonelada se refiere a una tonelada métrica: 1000 kilos o 2204.6 libras.



Ilustración: Colectivo La Colmena

¿Quiénes son los nuevos amos de la biomasa?

Las mismas empresas trasnacionales que impulsaron la dependencia del petróleo durante el siglo XX pretenden ahora establecerse como los nuevos amos de la biomasa. Cuando completen ese golpe, muchos de los ya conocidos actores corporativos estarán sentados en la silla principal del orden económico mundial. Sea que sus autos se muevan con biocombustibles, sus computadoras operen con bioelectricidad o sus tarjetas de crédito se fabriquen con bioplásticos, no resulta demasiado relevante; lo temible es que tendrán un control absoluto (amenazador) sobre los sistemas naturales de los que todos dependemos.

Los gigantes de los agronegocios y la silvicultura que ya controlan buena parte de las tierras y los recursos biológicos del mundo están a la cabeza del desarrollo de la bioeconomía y el nuevo mercado de la biomasa. Varios nombres familiares aparecen en esta lista: Cargill, ADM, Weyerhauser, Stora Enso, Tate & Lyle, Bunge, Cosan Ltd., etcétera.

Las empresas de alta tecnología (biotecnología, nanotecnología y software) proporcionan nuevas herramientas para transformar, medir y explotar el mundo biológico, ayudando a desarrollar la mercantilización de la información genética. Entre ellas están: Monsanto, Syngenta, Amyris Biotechnologies, Synthetic Genomics Inc., Genencor y Novozymes.

Las grandes empresas farmacéuticas, químicas y de la energía se están asociando con los nuevos bioempresarios para modificar sus procesos productivos y su abasto de materias primas. Es necesario estar al tanto de los movimientos de DuPont, BASF, DSM, Duke Energy, BP, Shell, Total Oil, Chevron y ExxonMobil, entre otras.

Las empresas de servicios financieros y bancos de inversión están desarrollando nuevas modalidades de bonos ecosistémicos, mercados de intercambio y de inversión en bienes raíces mientras las viejas modalidades de comercio de bonos se colapsan a su alrededor. Entre ellas se encuentran: Goldman Sachs, JP Morgan y Microsoft.

Las compañías de alimentos y bienes de consumo están ya haciendo el cambio hacia productos, empaques e ingredientes "biológicos" para poderse presentar ante los consumidores como empresas "verdes": Procter & Gamble, Unilever, Coca-Cola.

¿Qué es lo que se está transformando? No sólo biocombustibles...

"Muchos piensan en la biomasa principalmente como materia prima para combustibles líquidos como etanol y biodiesel. Sin embargo, la biomasa puede también ser convertida en una gran variedad de productos de uso cotidiano. De hecho, en la actualidad existen muy pocos productos fabricados a base de petróleo, como pinturas, tintas, adhesivos, plásticos, entre otros, que no puedan ser producidos a partir de la biomasa."
– David K. Garman, Subsecretario de Energía, Ciencia y Medio Ambiente, durante la administración de George W. Bush[4]

"Tenemos el modesto objetivo de reemplazar a toda la industria petroquímica y convertirnos en la principal fuente de energía."
– J. Craig Venter, fundador de Synthetic Genomics, Inc.[5]

Una manera simple de comprender la ambiciosa propuesta de la nueva economía de la biomasa es echando un vistazo a la lista de los productos y servicios cuya fabricación depende de los combustibles fósiles. Después, imaginemos que cada uno de estos sectores productivos "cambia" y adopta materia vegetal viva como materia prima en vez del petróleo, el carbón y el gas natural asociado a la materia orgánica fosilizada:

Combustibles para el transporte

Actualmente, más del 72 % del petróleo[6] termina convirtiéndose en combustible líquido para automóviles, camiones, aviones y calefacción. Los agrocombustibles como el etanol y el biodiesel representan sólo el principio de la transformación del mercado de los combustibles líquidos hacia la biomasa. Algunos agrocombustibles de nueva generación son hidrocarburos que poseen las mismas propiedades químicas de la gasolina y el combustible para aviones.

Generación de electricidad

Hoy día, el 67 % de la producción global de electricidad se realiza a partir de la quema de carbón, gas natural y petróleo.[7] Sin embargo, está creciendo la quema conjunta de carbón y biomasa y se registra una tendencia hacia el uso de astillas de madera, aceites vegetales y residuos municipales como combustibles para la producción de electricidad. Entretanto, avanzan las investigaciones en nanocelulosa y bacterias sintéticas para producir corriente eléctrica a partir de células vivas, con el fin de transformar la biomasa en electricidad sin necesidad de turbinas.

Químicos y plásticos

En la actualidad, alrededor del 10 % de las reservas globales de petróleo son convertidas en plásticos y sustancias petroquímicas.[8] Sin embargo, para protegerse del alza en los precios del petróleo y reverdecer su imagen pública, las grandes empresas químicas, como DuPont, han puesto la mira en la caña de azúcar y el maíz como materias primas para la producción de bioplásticos, textiles y sustancias químicas.

Fertilizantes

La producción global de fertilizantes consume intensivamente gas natural. Los promotores del biochar (biomasa carbonizada) aseguran que han encontrado una manera biológica de incrementar la fertilidad de los suelos a escala industrial.

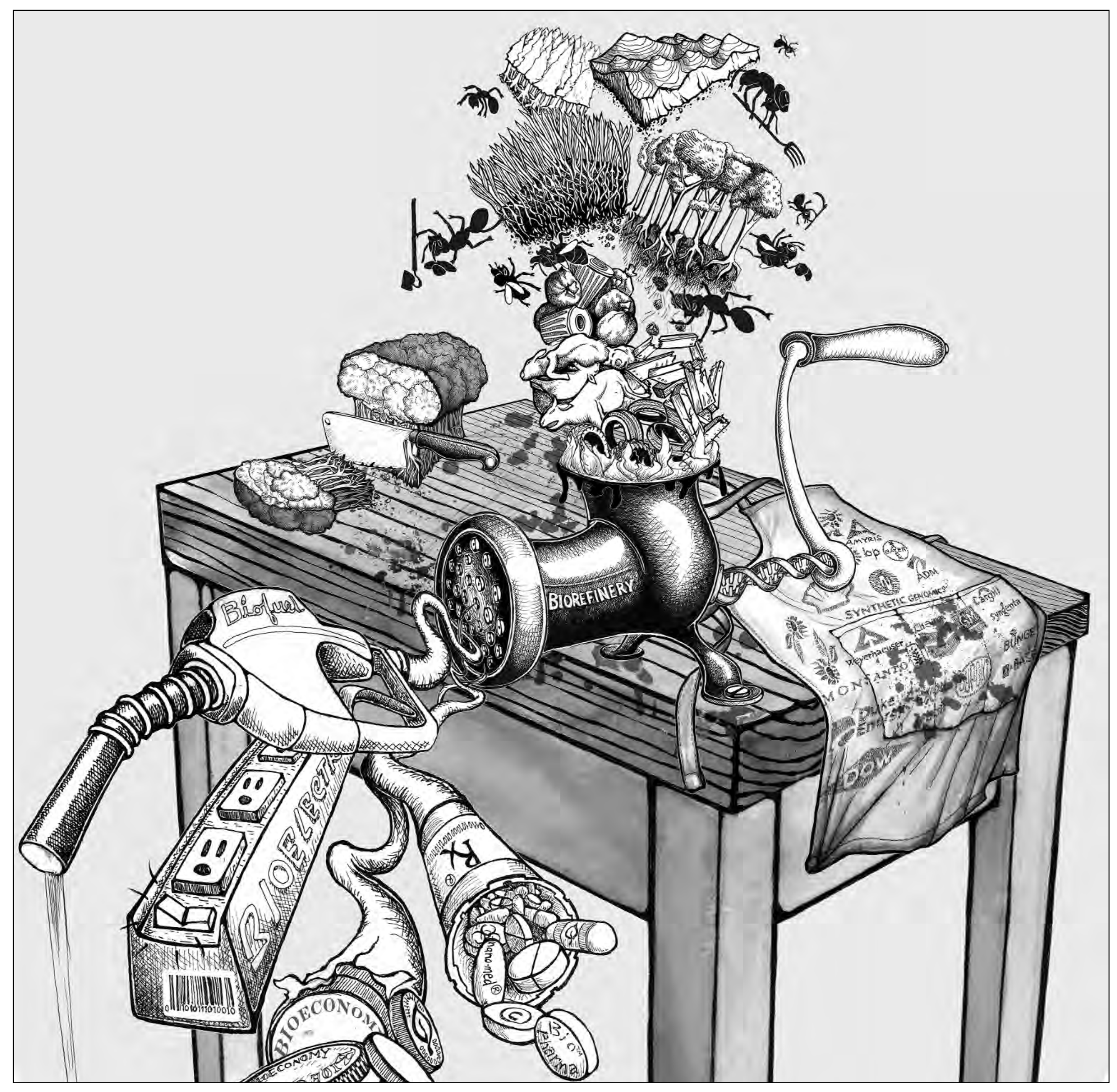


Ilustración: Colectivo La Colmena

Primera parte: Ahí viene la bioeconomía

> ***"Las economías basadas en la caza y la recolección dominaron por cientos de miles de años antes de ser opacadas por las economías agrarias, que dominaron cerca de 10 mil años. Después vinieron las economías industriales, comenzando en Gran Bretaña en la década de 1760 y la primera de ellas que comenzó a perder su impulso fue la de Estados Unidos hacia 1950. Estamos a medio camino en el trayecto de la economía de la información, la cual, desde su inicio hasta su ocaso, durará entre 75 y 80 años, culminando hacia la década de 2020. Preparémonos para la próxima: la bioeconomía."***
> – Futurólogos Stan Davis y Christopher Meyer, revista Time, mayo de 2000[9]

Han pasado más de tres años desde que el drástico aumento en los precios de los alimentos generó una crisis que alcanzó los titulares noticiosos alrededor del mundo. De pronto, la canalización de las cosechas hacia la producción de "biocombustibles" (llamados "agrocombustibles" por sus detractores) se volvió un tema de intensa controversia y oposición entre las comunidades rurales, particularmente en el Sur global. Mientras los encabezados de los diarios se centraban en el entusiasmo de la industria por el aceite de palma o el etanol de maíz (la "fiebre del etanol"),[10] ésta sólo constituía la punta del iceberg de una transición mucho más profunda y un cambio de trayectoria en la política industrial. Esa trayectoria – hacia la economía de base biológica – está tomando velocidad, acaparando poder político y acumulando muchos miles de millones de dólares en subsidios e inversión privada. Independientemente de que esta nueva bioeconomía cumpla lo que promete, su carga representa la misma amenaza para los pueblos, sus modos de vida y el planeta que la que representó la "fiebre del etanol", sólo que esta vez se trata de una amenaza potenciada.

La retórica de una "nueva" bioeconomía, aunque imprecisa, forma parte de un tejido de intereses y encabezados noticiosos, envueltos en la palabrería de moda que permea las políticas ambientales, industriales y de desarrollo, como "sostenibilidad", "economía verde", "tecnología limpia" y "desarrollo limpio".

Tres bioeconomías

La bioeconomía describe la idea de un orden industrial basado en materiales, procesos y "servicios" biológicos. Dado que muchos sectores de la economía global ya están basados en ellos (la agricultura, la pesca y la silvicultura), sus proponentes hablan a menudo de una "nueva bioeconomía" para describir un tipo particular de reinvención de la economía global, es decir, una que integre las políticas neoliberales y los mecanismos de financiamiento con nuevas tecnologías biológicas y modos de producción.

Resulta que el término "bioeconomía" se utiliza para describir, al menos, tres conceptos distintos, aunque interrelacionados y que se refuerzan mutuamente, todos ellos basados en la noción de que los sistemas y recursos biológicos pueden ser manipulados para mantener a los actuales sistemas de producción industrial, de consumo y de acumulación de capital:

Insumos: La economía de la biomasa – A veces, también es conocida como la economía de base biológica o de los carbohidratos. Aquí, el concepto clave es que la producción industrial se traslada del uso de recursos fósiles o minerales (petróleo, carbón y gas natural) hacia el uso de materias primas biológicas vivientes, especialmente la "biomasa" de la materia vegetal, como las astillas de madera, cultivos agrícolas y algas.

Procesos: La economía de la biotecnología – A medida que el ADN de las células vivas es decodificado en información genética para el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas, las secuencias genéticas adquieren un nuevo valor como nuevos elementos formativos de los sistemas de producción de diseño biológico. A partir del "secuestro" de las "instrucciones genéticas" de células, plantas y animales, se los fuerza a fabricar productos industriales. La industria transforma organismos transgénicos y sintéticos en "biofábricas" que pueden ser emplazadas en cualquier parte del mundo, ya sea en contenedores o plantaciones. La naturaleza es transformada para satisfacer los intereses de la industria.

Servicios: La economía de los bioservicios – Mientras los ecosistemas se colapsan y disminuye la biodiversidad, los nuevos mercados de los "servicios" ecosistémicos favorecen el intercambio de "créditos" o "bonos" ecológicos. El objetivo declarado es "incentivar la conservación", mediante la introducción del afán de lucro para justificar intervenciones en los sistemas naturales de gran escala, como el ciclo hidrológico, el ciclo del carbón o el ciclo del nitrógeno.[11] De manera similar a los "servicios" de un sistema de producción industrial, estos "servicios ecosistémicos", creados para privatizar los procesos naturales se volverán, progresivamente, más eficaces para servir a los intereses corporativos.



Ilustración: Colectivo La Colmena

Toda esta retórica oculta un asalto sobre las más ancestrales economías de base biológica, representadas por miles de millones de personas que tienen derechos preexistentes sobre las tierras y las aguas costeras donde crece la biomasa. Sus sistemas de saberes y modos de vida se tejen con un complejo abanico de organismos que nos sostienen a todos: la llamada "biomasa" (bosques, suelos, plantas y microbios), que estos pueblos y comunidades han nutrido durante milenios. Para aquellos que ya han sufrido las consecuencias de sucesivas oleadas industriales, la inminente llegada de la nueva bioeconomía no es algo nuevo. Es sólo otro asalto a los bienes comunes que destruirá los recursos y los territorios de los pequeños agricultores, campesinos, pescadores, pastores y pueblos indígenas, es decir, aquellos que se han encargado de preservar la biodiversidad, de producir nuestra comida y que no contribuyen al calentamiento global.

Esta nueva bioeconomía, del modo en que la entienden las corporaciones forestales, de los agronegocios, de la biotecnología, la energía y la química, significa un paso más en el proceso de confinamiento y degradación del mundo natural: privatización de la materia vegetal para transformarla en mercancías industriales, ingeniería de células para someterlas a la producción tipo fábrica y redefinición y reorganización de los ecosistemas para volverlos proveedores de "servicios" de apoyo a la industria.

¿Qué es la biomasa?

En sentido estricto, la biomasa es una medida de peso utilizada en la ciencia de la ecología. Se refiere a la masa total de todas las cosas vivientes (materia orgánica) ubicadas en un localización determinada.[12] Los peces, los árboles, los animales, las bacterias e incluso los seres humanos son todos biomasa. Sin embargo, más recientemente, el término se utiliza para denotar todo el material biológico no fosilizado, particularmente el material vegetal que puede ser usado como materia prima para combustibles o para la producción química industrial.[13]

De acuerdo con la Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), "la biomasa incluye la materia orgánica disponible y renovable, como los bosques, los residuos de la molienda, los cultivos agrícolas, la madera y sus residuos, los residuos animales, los desechos de la crianza de ganado, las plantas acuáticas, los árboles y plantas de crecimiento rápido y la porción orgánica de los residuos municipales y ciertos residuos industriales".[14]

Si se examina con más detenimiento lo que los gobiernos y las empresas consideran como "biomasa", ésta incluye llantas, los lodos de los desagües, los plásticos, las maderas tratadas, los materiales de construcción recubiertos y los desechos de la demolición, el estiércol de los animales criados industrialmente, los despojos de los rastros y las vacas incineradas.[15]

La bioeconomía, también conocida como…

En el presente informe, utilizamos los términos bioeconomía o economía de la biomasa. Presentamos aquí algunos de los términos utilizados por otras instituciones para referirse a la visión industrial de convertir el material biológico viviente en bienes y servicios:

Economía de base biológica – OCDE

Bioeconomía del conocimiento (Knowledge Based BioEconomy, KBBE) – Unión Europea

Industria de la biorrefinación industrial – Foro Económico Mundial

Biotecnología blanca o Biotecnología industrial – Organización de la Industria de la Biotecnología

Economía verde / Servicios de la biodiversidad – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Economía de los carbohidratos – Instituto para la Autonomía Local

La revolución bioeconómica – Consejo para la Investigación y Desarrollo de la Biomasa, del gobierno de Estados Unidos

Las plantas han sido fuente de energía y material de producción durante miles de años, pero el nuevo uso del término "biomasa" marca un cambio industrial específico en la relación de los seres humanos con las plantas. A diferencia del término "planta", que indica la pertenencia a un mundo taxonómico diverso de múltiples especies y variedades, el término biomasa trata a toda la materia orgánica como si fuera la misma "materia vegetal" indiferenciada. Reformuladas como biomasa, las plantas son reducidas semánticamente a su común denominador para que, por ejemplo, los pastos y los bosques puedan ser redefinidos comercialmente como fuentes de celulosa y carbón. De este modo, la biomasa opera como un término profundamente reduccionista y antiecológico, porque trata a la materia vegetal como una mercancía homogénea. Al igual que los otros "bios" (los "bio-combustibles" o la "bio-tecnología"), el uso del término biomasa para describir a la materia viviente enciende la alarma de que hay intereses industriales en movimiento.

La celulosa – El azúcar milagrosa

"El firme roble y la digna palmera, el pasto que cubre la buena tierra, los líquenes que visten a las rocas, hasta las diminutas algas que florecen en el mar, todos producen celulosa. La celulosa es la grandiosa sustancia primaria de todo el reino vegetal."
– William Haynes, *Cellulose: The Chemical that Grows,* 1953[16]

Si se removiera la delgada capa de materia viviente que recubre el planeta Tierra y se la redujera a sus componentes químicos más básicos, la mayor parte de lo que se encontraría sería un azúcar verde llamada celulosa. Se la encuentra en todas las plantas, así como en algunos microbios, en la forma de largas cadenas de glucosa, de estructura fibrosa y ocasionalmente, cristalina.[17] Este componente molecular común se está convirtiendo rápidamente en el favorito de la industria, por varias razones:

Abundancia: La Tierra genera cerca de 180 mil millones de toneladas de celulosa cada año.[18] Esto la convierte en el compuesto orgánico más abundante sobre el planeta.

Energía: La celulosa es la principal fuente de energía para la nutrición animal y para la generación de calor, al incinerar los materiales vegetales.

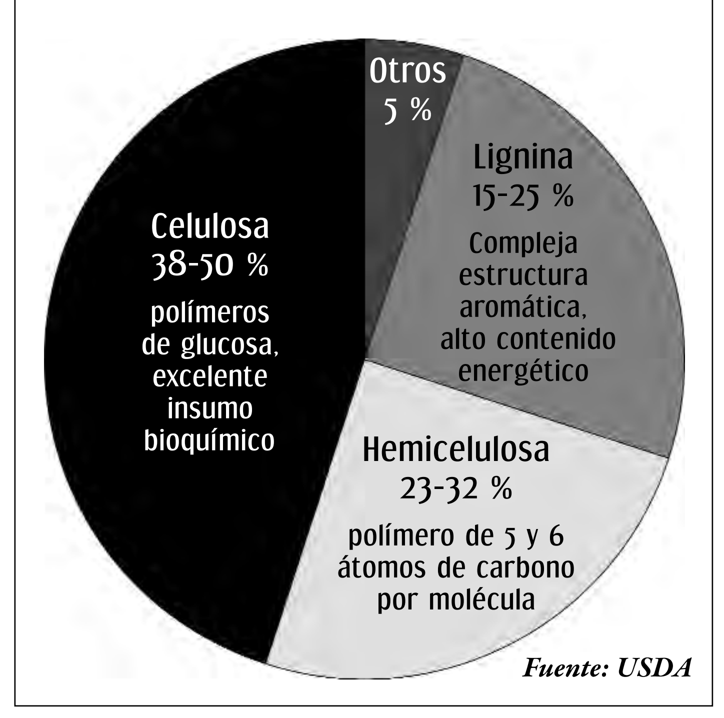
Flexibilidad: Muchos de los primeros plásticos fueron producidos a base de celulosa vegetal. La celulosa puede ser modificada químicamente de muchas maneras para producir nuevos polímeros, recubrimientos, aceites y combustibles.[19] Trabajos recientes han demostrado que las fibras de celulosa modificadas en nanoescala presentan nuevas propiedades adicionales.[20]

La celulosa no es (necesariamente) alimento: Mientras que los vegetales y los granos tienen un alto contenido de celulosa, también lo tienen los componentes no alimentarios de las plantas. Los defensores de los biocombustibles alegan que la celulosa que se encuentra en los tallos y las hojas de las plantas puede usarse en procesos industriales, dejando para consumo alimentario los granos y los frutos.

Pero a pesar de que la celulosa puede ser abundante, una limitación significativa ha sido hasta ahora, la dificultad para separarla de los otros componentes de las plantas (véase la gráfica arriba). En muchos casos, la celulosa está ligada a una matriz de compuestos conocida como lignocelulosa, la cual, a su vez, se compone de lignina (una sustancia dura, rica en carbón) y hemicelulosa (una mezcla de otros azúcares).

Cómo ven las plantas los promotores de la biomasa

(la composición química "típica" de la biomasa)

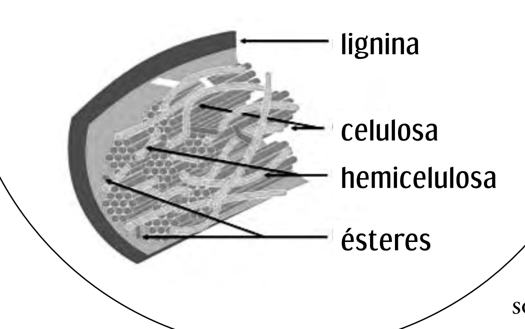


Fuente: USDA

Para romper la unión entre la lignina y la celulosa y reducir a ésta última en azúcares simples se requiere un proceso de calentamiento intenso, o bien la aplicación de poderosas sustancias químicas o enzimas, como las que se encuentran en las entrañas de las vacas y las termitas. La tarea de separar industrialmente la celulosa de los otros componentes se ha convertido en una de las áreas de investigación más activas en las ciencias de la energía y los materiales.[21]

Lignocelulosa:

Material encontrado en la madera; compleja matriz de fibras de celulosa, fibras de hemicelulosa y lignina que constituyen la principal parte rígida de las plantas.



Volviendo a lo elemental – "Es la economía del carbono, estúpido"

"Es el contenido de carbono de esta biomasa y su aplicabilidad para muchos usos que la vuelven la materia prima valiosa del futuro."
– Energy Matters, Boletín del Programa de Tecnologías Industriales del Departamento de Energía de Estados Unidos, verano de 2010

"La base de una bioeconomía es la generación de carbono utilizando recursos renovables, como los cultivos y otra biomasa, en vez de depender del carbono de base petrolera no renovable."
– Georg Anderl, Presidente de la Asociación para el Desarrollo BIOWA, 2004[22]

En una era de abasto petrolero cada vez más restringido, no es de sorprender la excitación comercial respecto a la celulosa como nueva fuente "no convencional" de carbono. Las empresas involucradas en el desarrollo y producción de biocombustibles y biomateriales se refieren comúnmente a las plantas como simple fuente de moléculas de carbono, invisibilizando con ello el resto de los componentes y funciones de la materia vegetal. La medición de las reservas globales de carbono que realizan las empresas energéticas revela que las miles de millones de toneladas de carbono encerradas en las existencias globales de biomasa superan por mucho a las reservas conocidas de petróleo y gas, se equiparan a las reservas de arenas bituminosas y sólo son superadas por los depósitos de carbón. Los inventarios recuperables de carbono contenidos en todos los combustibles fósiles se estiman en 1.1 billones de toneladas,[23] mientras que la biomasa global contiene aproximadamente la mitad de ese volumen de carbono (503 mil millones de toneladas, véase la gráfica ¿Cuánto carbono?). Como indica Rosalie Lober, analista del negocio de los biocombustibles, "los biocombustibles son yacimientos de petróleo que existen en la superficie, un tipo distinto de reservas probadas".[24]

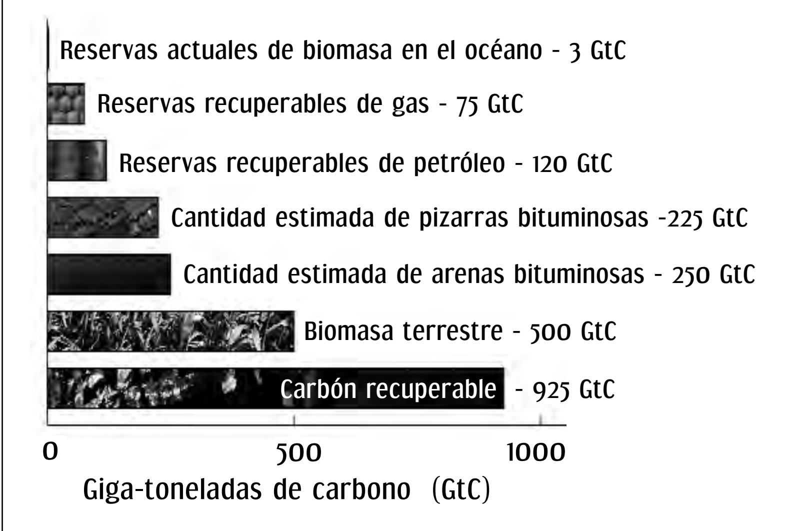
Poniéndonos geopolíticos – Todo está en el Sur

"Si se mira una imagen del globo terráqueo... es muy fácil ver dónde están las partes verdes y esos son tal vez los lugares donde uno podría producir esas materias primas."
– Steven Koonin, Ex Subsecretario para Ciencia del Departamento de Energía y ex Jefe de Investigación en BP, 2009[25]

"Es probable que surja una nueva división internacional del trabajo en la agricultura, entre los países que poseen grandes extensiones de tierra cultivable – y, por tanto, potenciales exportadores de biomasa o sus derivados – y aquellos países con poca extensión de tierras cultivables (es decir, importadores de biomasa, como Holanda). Se espera que los mayores centros exportadores de biomasa sean Brasil, África y América del Norte."
– Foro Económico Mundial[26]

¿Cuánto carbono?

Cálculo del carbono global en reservorios, susceptible de 'recuperarse'

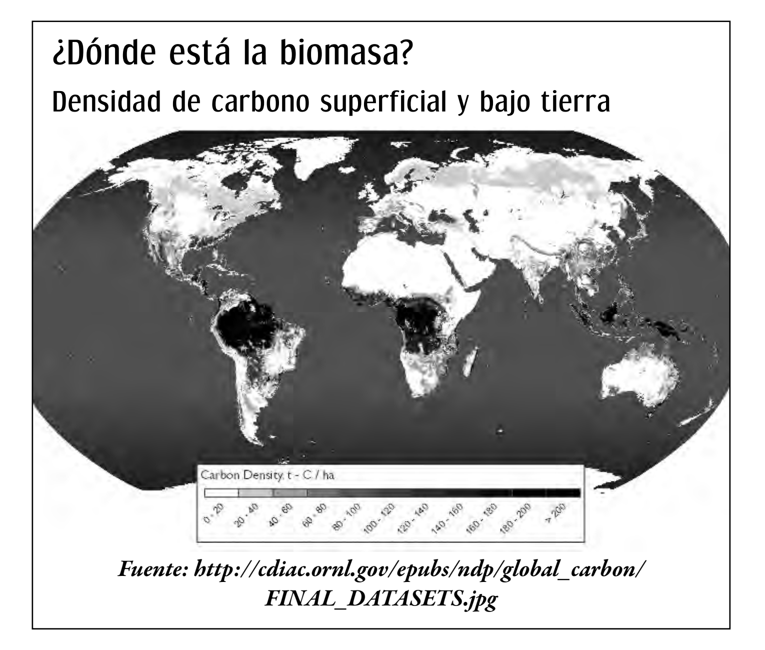


Fuente: Dr. Jeff Siirola (American Institute of Chemical Wngineers), Mark Maslin e IPCC

Aunque desde el espacio el planeta pueda verse verde y rico en biomasa, el sucio secretito de la economía de la biomasa es que – al igual que las reservas de carbono fosilizado, como el petróleo, el carbón y el gas natural –, las reservas de carbono viviente no están distribuidas homogéneamente. En el mundo, los depósitos de vegetación terrestre se estiman en 500 mil millones de toneladas de carbono. Sin embargo, 86 % de ellas (430 mil millones de toneladas) están almacenadas en las regiones tropicales y subtropicales, mientras que las ecorregiones boreales y templadas almacenan sólo 34 mil y 33 mil millones de toneladas, respectivamente.[27]

¿Dónde está la biomasa?

Densidad de carbono superficial y bajo tierra



Fuente: http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/global_carbon/FINAL_DATASETS.jpg

Es en las regiones tropicales donde la biomasa se renueva más rápidamente y donde la biomasa marina, principalmente el fitoplancton, es más productiva.[28]

No es casual que las áreas del planeta donde la biomasa se encuentra más concentrada estén capturando la atención y el interés de las empresas que quieren producir biocombustibles, químicos de base biológica y bioelectricidad. En particular, Brasil ha experimentado un incremento masivo en las inversiones dirigidas a la bioeconomía. De hecho, el Foro Económico Mundial ha sugerido que "es probable que surja una nueva división del trabajo en la agricultura", (entre los países tropicales productores de biomasa y los países del Norte), aunque en realidad no está muy claro cuál es la novedad de esta división internacional del trabajo.[29]
La industria se ha dado cuenta de que "la geografía es destino", afirma Mark Bünger, quien hace el seguimiento de la bioeconomía en su calidad de Director de Investigación en la consultoría Lux Research. Bünger explicó a Antonio Regalado – miembro del equipo editorial de Technology Review – que "sólo unos cuantos lugares del planeta tienen la lluvia, el sol y la masa de tierra necesaria para producir biocombustibles en una escala y precio tales que puedan tener un impacto real".[30]
Así, mientras Brasil se ubica en el primer lugar, el África subsahariana se coloca en un cercano segundo lugar, lo cual es puesto en evidencia por una fiebre de acaparamiento de tierras y un creciente interés por plantar caña de azúcar en la región.[31]

La obtención de la biomasa – Acaparamiento global

En el corto plazo, las naciones que poseen extensiones significativas de bosques y crecientes áreas de cultivo de plantaciones (Brasil, Indonesia, Estados Unidos, Canadá, Rusia y los países del África Central) competirán entre sí para colocarse como "la Arabia Saudita de la biomasa".[33] Con el tiempo, sin embargo, los ecosistemas agrícolas, los pastizales, los desiertos y los ecosistemas oceánicos se convertirán también – y cada vez en mayor medida – en el objetivo del asalto global sobre la biomasa. Cada uno de estos ecosistemas tiene ventajas como fuente de biomasa y, aunque los amos de la biomasa afirman que algún día serán capaces de utilizar cualquier tipo de materia disponible, en el corto plazo se concentran precisamente en los mismos cultivos que ya son explotados por la agricultura industrial y la industria forestal: el maíz, la caña de azúcar, la soya y las variedades de rápido crecimiento de eucalipto, álamo, palma aceitera y pino.

"Mientras buscábamos por todo el mundo dónde se encontraba la biomasa de menor costo y mayor volumen, descubrimos que Brasil era, en realidad, la Arabia Saudita de los recursos renovables"
– John Melo, Director Ejecutivo de Amyris Biotechnologies, Inc.[32]

Bosques naturales

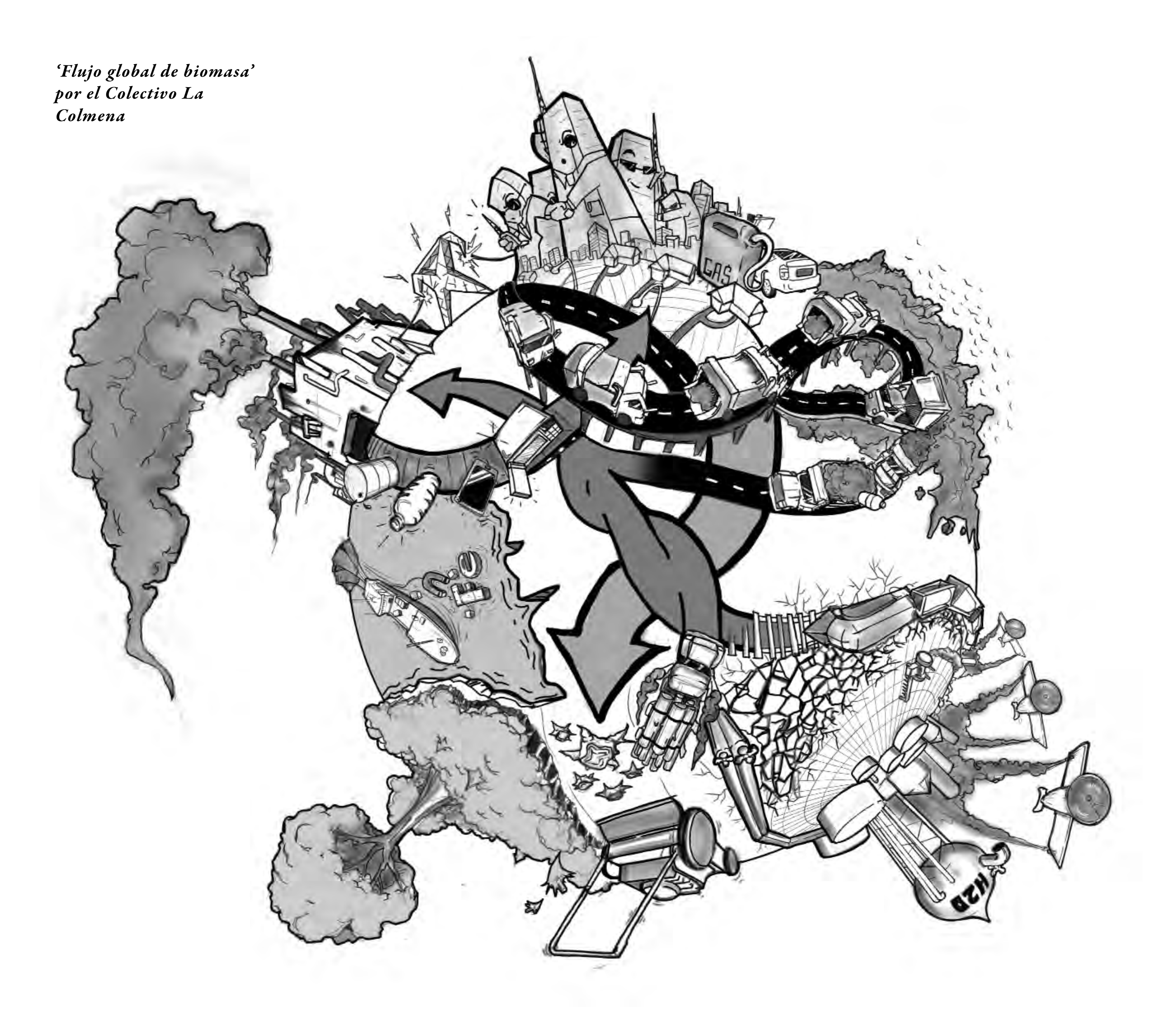
Los bosques naturales – que representan el mayor depósito de biomasa terrestre – experimentan la mayor presión inmediata derivada de las actividades de extracción de biomasa. Aunque las superficies forestales han sido sistemáticamente reducidas debido a siglos de prácticas de tala inmoderada, continúan siendo el hogar de millones de indígenas, algunos de los ecosistemas más diversos del planeta, y desempeñan un papel crucial en la regulación del clima. Con el tiempo, los costos políticos y ecológicos de la remoción de la biomasa restante de los bosques naturales podrían resultar demasiado altos como para sostener a toda una industria dependiente de la biomasa. El calentamiento global ya está generando una enorme presión sobre los ecosistemas forestales, de modo que cualquier volumen de biomasa extraído de los bosques incrementará el riesgo de incendios, de proliferación de plagas y de sobre explotación de los suelos, entre otras consecuencias negativas.[34]

Plantaciones

Las plantaciones de monocultivos de árboles de rápido crecimiento y ricos en celulosa (como el eucalipto, el álamo o los árboles de frutos aceitosos, como la palma y la jatrofa) ya están proliferando, particularmente en el Sur global, a menudo en tierras donde anteriormente existían bosques. Desde 1980, las plantaciones forestales tropicales se han multiplicado por cinco,[35] y la carrera por la biomasa está acelerando esa tendencia. Los árboles y monocultivos de plantación, en su mayoría de propiedad privada, con un valor mínimo en términos de biodiversidad y con impactos negativos importantes sobre el agua y los suelos, se convertirán en la principal fuente de biomasa para uso industrial en las próximas décadas, alterando lo mismo a las comunidades que a los ecosistemas y fomentando la inequidad y los conflictos por la tierra y el agua. La industria forestal tiene la pretensión de que tales plantaciones sean reconocidas como bosques. Sin embargo, las plantaciones de monocultivos de árboles tienen un significado ecológico muy diferente al de los bosques naturales.

Ecosistemas agrícolas

El mayor – y mejor organizado– asalto sobre la biomasa del planeta lo representan los mil 500 millones de hectáreas de cultivos alimentarios y fibras textiles.[36] Existen razones evidentes para alarmarse, especialmente si se cambia el objetivo principal de la agricultura de la producción de alimentos a la producción de materias primas y energía. La industria mira a los ecosistemas agrícolas como atractivas fuentes de biomasa porque ya están diseñados para su cosecha, almacenamiento y transporte al mercado. En la agricultura, el objetivo de corto plazo de los mercados de la biomasa se concentra en la apropiación de los "desechos" de los cultivos comerciales, como las hojas y tallos del maíz, la pajilla del arroz, la cáscara del trigo y el algodón, o bien en la introducción de pastos ricos en celulosa de rápido crecimiento, como el bambú, el pasto varilla y el Miscanthus (pasto elefante). Desafortunadamente, la extracción de los residuos verdes de la tierra tendrá un efecto dañino sobre los suelos agrícolas; los pastos de crecimiento rápido podrían incrementar los requerimientos de agua y volverse cultivos invasivos. Entretanto, la presión por dedicar los mejores suelos agrícolas a la producción de biomasa erosionaría aún más la soberanía alimentaria de muchas naciones y tendría efectos contrarios a las medidas de conservación.



'Flujo global de biomasa' por el Colectivo La Colmena

Pastizales

Aunque el uso comercial de los pastizales y las praderas se ha limitado principalmente a servir como forraje para los animales de pastoreo, la carrera por la biomasa está creando un nuevo mercado para esas tierras. El corte regular de los pastos en las praderas que regularmente requieren pocos insumos para la obtención de paja se ha propuesto como una solución ecológica para la extracción de biomasa que, supuestamente, mantendría a la biodiversidad nativa in situ.

Pero la presunción de que bajo tales condiciones de manejo los pastizales y las praderas podrían seguir siendo biológicamente diversos está siendo refutada, lo mismo que su supuesto potencial para generar una ganancia energética real.[37] Sin embargo, a medida que se intensifica la búsqueda de nuevas fuentes de biomasa, los pastizales podrían convertirse en un factor de importancia creciente o podrían también convertirse en tierras de cultivo de plantaciones, lo que tendría impactos significativos sobre la producción ganadera, los derechos de pastoreo y la biodiversidad.

Ecosistemas marinos

Las algas y vegetación marina en los océanos del mundo suman casi la mitad de la producción anual global de biomasa en el planeta (48.5 %), aunque hasta ahora ha sido de difícil acceso para usos industriales o la producción de alimentos.[38] Los océanos representan una fuente de biomasa no explotada y la carrera por su apropiación y explotación industrial tendrá un efecto inevitable sobre los ecosistemas marinos. El actual cultivo industrial de algas y vegetación marina es de pequeña escala, si se lo compara con la vastedad de los recursos naturales disponibles. Los océanos son difíciles de operar y, en su mayor parte, están regidos por una legislación común, de manera que la extracción de una parte mayor de la biomasa oceánica existente o su cultivo industrial puede requerir nuevas tecnologías y, posiblemente, nuevos acuerdos jurídicos internacionales. En el corto plazo, el cultivo de algas muy probablemente se expandirá en tierra firme, particularmente en las zonas desérticas. Pero las empresas ya están experimentando con la cosecha de algas silvestres en las bahías y zonas costeras para la producción química y de combustibles (por ejemplo, Blue Marble, en Seattle, Estados Unidos),[39] mientras que otras empresas están explorando técnicas para el cultivo de algas en granjas marítimas y el "corte" de las algas en el lecho marino.

Desiertos y humedales

Los desiertos, los pantanos y otras tierras clasificadas como "marginales" se encuentran ya bajo intensa presión, y a pesar de que no aparecen como objetivos inmediatos para la extracción de biomasa, a medida que ocurren cambios en el uso de los suelos, estos ecosistemas más frágiles y remotos entran en la mira de la nueva bioeconomía. Los desiertos y las tierras áridas, en virtud de su captación de radiación solar, están siendo considerados objetivos de gran escala para la producción de algas en estanques desérticos e invernaderos y bien podrían ser cultivados con pastos u otros cultivos genéticamente modificados con tolerancia a las sequías. Asimismo, los humedales podrían ser invadidos con variedades de cultivos tolerantes a la salinidad.

¿Regreso al futuro? Carbohidratos vs. hidrocarburos… De la extracción de petróleo al hackeo de plantas

A los promotores de la economía de la biomasa les gusta hablar del próximo cambio de una economía de los hidrocarburos (basada en la producción y consumo de combustibles fósiles) a una economía de los carbohidratos (basada en la producción vegetal). Hablando en términos químicos, la diferencia entre un hidrocarburo y un carbohidrato se reduce a unos cuantos átomos de oxígeno. Los carbohidratos son azúcares compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno y son considerados materia orgánica. En contraste, los hidrocarburos sólo se componen de hidrógeno y carbono y son clasificados como minerales.

"Una tercera parte de la tierra en el planeta no es cultivable; 11 % es usada para sembrar cereales y otros cultivos y 55 % existe como pastizales, praderas, sabanas y bosques. Al parecer, queda mucha tierra"
– Steven Koonin, ex subsecretario para ciencia del Departamento de Energía de Estados Unidos y ex jefe de investigación de BP, al opinar sobre la búsqueda de tierras para los cultivos de biomasa, 2008[40]

Pero en términos históricos (e incluso desde la perspectiva actual de las comunidades locales e indígenas), los carbohidratos de las plantas son los que priman en la tarea de satisfacer las necesidades humanas. Apenas hacia la década de 1820, la población de Estados Unidos consumía dos toneladas de vegetales por cada tonelada de minerales como materia prima para tintes, sustancias químicas, pinturas, solventes e incluso, energía. Para 1920, esta relación se había invertido y para mediados de la década de 1970, los estadounidenses consumían ocho toneladas de minerales por cada tonelada de carbohidratos vegetales.[41] Dos factores posibilitaron ese drástico cambio:

- La mayor densidad energética de los combustibles fósiles: media tonelada de carbono contiene la misma cantidad de energía que dos toneladas de leña verde; así, el carbón – y posteriormente el petróleo (que es aún más denso energéticamente y más fácil de transportar) – se convirtieron en los combustibles preferidos para la revolución industrial.[42]
- El éxito de la petroquímica: los pioneros de la química sintética aprendieron a transformar el alquitrán de carbón en tintes lucrativos y, eventualmente, a descomponer el petróleo en muchas moléculas que podían ser después refinadas para volverlas combustibles, ceras, explosivos, pesticidas, plásticos, pinturas, medicamentos, cosméticos, textiles, hules, gasolina, asfalto y mucho más.[43]

En la actualidad, sin embargo, la volatilidad de los mercados, el potencial de lucro de los mercados de carbono, el desarrollo de nuevas tecnologías y las preocupaciones por el agotamiento del petróleo contribuyen a impulsar el regreso al uso de la biomasa. Así como en el siglo XIX los desarrollos en la química inorgánica hicieron posible la economía de los hidrocarburos, en nuestros días, la innovación en la biología sintética permite a las corporaciones readecuar la economía de los hidrocarburos a las existencias de carbohidratos.

Vendiendo el cambio

El análisis del Grupo ETC plantea que lo que realmente impulsa la inversión en la nueva bioeconomía es el conocido oportunismo capitalista. No obstante, sus impulsores han desarrollado nuevas formas de disfrazar su imperialismo de viejo cuño. A continuación se exponen algunos de los alegatos más comunes para justificar el nuevo asalto sobre la biomasa.

1. Dulces sueños : la economía de los carbohidratos

El término "economía de los carbohidratos" fue acuñado originalmente por activistas del Instituto para la Autonomía Local (Institute for Local Self-Reliance, ILSR) quienes, a inicios de la década de 1990 describieron su visión sobre la producción química y de materiales industriales basada en plantas en vez de petróleo.[44] Su interés en los materiales vegetales (o biomateriales) derivaba de la esperanza de que tales materiales podrían ser diseñados para degradarse mejor en el ambiente, a diferencia de los plásticos derivados del petróleo.

2. Sueños verdes : recursos "renovables" y la economía del hidrógeno

La biomasa ha sido incluida de manera consistente en las descripciones y definiciones de lo que constituye un recurso renovable puesto que, teóricamente, las plantas y los árboles crecen nuevamente, después de ser cosechados. La biomasa también es ocasionalmente descrita como un recurso clave para el desarrollo de otra visión "verde", la noción de una "economía del hidrógeno", puesto que el hidrógeno puede ser extraído de las plantas.

3. Sueños refrescantes : la economía neutral en carbono

La actual urgencia por enfrentar el problema del calentamiento global inducido por la actividad humana ha puesto a la biomasa en el centro de las políticas energéticas de los gobiernos. Puesto que las plantas pueden capturar el dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, los políticos ven a la materia vegetal como una base "neutral en carbono" para la producción de energía, alegando que las emisiones de CO_2 provenientes de la producción de bioenergía son recapturadas simplemente mediante la reforestación o la renovación de los cultivos. En 2008, la Agencia Internacional de Energía calculó que la energía derivada de la biomasa representó el 77 % de la producción global de energía "renovable".[45]

4. Sueños patrióticos : independencia energética

En Estados Unidos por lo menos, la idea de una bioeconomía nacional – como baluarte patriótico contra el terrorismo y las guerras por el petróleo – es muy atractiva. Mediante la "reducción de la dependencia al petróleo extranjero" (como reza el mantra), los biocombustibles y bioplásticos podrían fortalecer la soberanía nacional al tiempo que reducen los fondos dirigidos a los estados petroleros extremistas. Esta noción atraviesa todas las posturas políticas, penetrando el sentimiento antibélico de la izquierda y las paranoias y el ultranacionalismo de la derecha.

Definiciones:

Carbohidratos: azúcares y almidones; moléculas orgánicas compuestas principalmente por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno que se encuentran en la materia vegetal. El carbohidrato más abundante es la celulosa.

Hidrocarburos: minerales ricos en carbono, mezcla de carbono e hidrógeno, el término se usa frecuentemente para describir insumos derivados de fósiles, tales como carbón, petróleo y metano (aunque existen hidrocarburos que no provienen de los combustibles fósiles).

5. Sueños de avance: desarrollo limpio y el movimiento por los "empleos verdes"

¿Cómo ayudar a que las economías más pobres "se desarrollen" y, al mismo tiempo, evitar las industrias sucias y el excesivo consumo de recursos en los países desarrollados? Ese es el presunto dilema que motiva el desarrollo de nuevas tecnologías para lograr el "salto ambiental", un desarrollo más limpio y más verde. En el ámbito de la ONU, esta idea ha tomado forma en la visión de una "economía verde", propuesta que desarrolla el PNUMA. Al mismo tiempo, un movimiento emergente por los llamados "empleos verdes" argumenta que las tecnologías de la bioeconomía pueden rescatar a la estancada fuerza de trabajo industrial de América del Norte y Europa.

Un despojo, no un cambio

Pensar que el ascenso de la bioeconomía y el creciente interés por la biomasa obedecen al desarrollo de una mentalidad verde o a una conciencia nacionalista es suponer erróneamente que los dirigentes de las grandes corporaciones y de las economías de la OCDE están motivados por esas preocupaciones. Como ocurrió con las anteriores transiciones industriales, lo que está detrás de la actual carrera por la biomasa no son ideales altruistas, sino un bien calculado interés por las ganancias empresariales. Lejos de constituir un cambio hacia una nueva economía, la transición hacia la biomasa describe la reconfiguración de la vieja forma de producir, consumir, acumular capital, y explotar, sólo que ahora mediante el saqueo de una nueva fuente de carbono para mantener en movimiento la maquinaria industrial.

En términos económicos, convertir la celulosa y otros azúcares en base material viable para combustibles, sustancias químicas y electricidad, significa atribuir potencial de lucro a pastos, algas y ramas que anteriormente no eran considerados fuentes de ganancia. Cualquier terreno o cuerpo de agua en el que puedan cultivarse plantas ricas en celulosa cotizará a la alta mágicamente por ser fuente potencial de biomasa. Este hecho está acelerando ya el despojo global de tierras que inició con el propósito de asegurar el abasto de alimentos. Si el asalto a la biomasa tiene éxito, las tecnologías de transformación de la biomasa (particularmente la nanotecnología, la biotecnología y la biología sintética) se convertirán en la valiosísima llave para la extracción de valor y el ascenso de las industrias que controlan esas tecnologías.

No es casual que los más acérrimos promotores de la economía de la biomasa en la última década no hayan sido las organizaciones no gubernamentales ambientalistas, sino las grandes corporaciones biotecnológicas, químicas, forestales y agroindustriales.

6. Sueños de unidad: tecnologías convergentes y "tecnologías limpias"

El término "tecnologías convergentes" hace referencia al modo en que ámbitos tecnológicos aparentemente distintos, como la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de información y la robótica pueden combinarse para crear una poderosa plataforma tecnológica híbrida. En los círculos de la política científica europea, se propone que las tecnologías convergentes sean dirigidas a aplicaciones "sustentables", como la bioenergía y las "tecnologías climáticas" que además impulsen el crecimiento económico.[46]

Los principales científicos e inversionistas en Estados Unidos llaman "tecnologías limpias" a esta nueva oleada de tecnologías ambientales: un área de inversión de miles de millones de dólares que incluye biocombustibles, bioenergía, bioplásticos y muchos otros biomateriales, así como las tecnologías que supuestamente lo harán posible: biología sintética y nanotecnología.

Contabilizando la economía de la bioma$a

La conversión de la paja (y otras formas de celulosa) en dinero no es algo nuevo. Un informe de 2008 del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) indica que el valor mundial de productos derivados de biomasa (pulpa y papel, productos maderables, pinturas, grasas y lubricantes) excede 400 mil millones de dólares.[47] El único cálculo de cuánto dinero puede hacerse en los nuevos mercados de base biológica (energía, química, plásticos, combustibles y otros asociados), proviene del Foro Económico Mundial, que estima un mercado de alrededor de 300 mil millones de dólares, hacia el año 2020.[48] Sin embargo los ejemplos a continuación elevan la estimación a casi medio billón de dólares hacia 2020 o incluso más.

Electricidad a partir de bioma$a – Según Pike Research, el valor del mercado de la electricidad generada a partir de biomasa en Estados Unidos crecerá de manera sostenida hasta 53 mil millones de dólares hacia 2020, (su valor en 2010 se fue de 45 mil millones de dólares aproximadamente).[49] El Foro Económico Mundial predice que el valor global combinado de la calefacción y la electricidad generadas con biomasa llegará a 65 mil millones de dólares hacia 2020.[50]

Combustibles de bioma$a – Pike Research afirma que el valor de los mercados del biodiesel y el etanol ascendía a 76 mil millones de dólares en 2010 y que la cifra podría aumentar a 247 mil millones en 2020. El valor del mercado global de los biocombustibles podría rebasar los 280 mil millones de dólares en 2022.[51]

Químicos a base de bioma$a – En 2005, McKinsey & Co. estimó que los bioplásticos, sustancias químicas derivadas de la biomasa y las sustancias químicas refinadas por medio de biotecnología, representaban el 7 % de las ventas totales del sector químico (por 77 mil millones de dólares).[52] Hacia 2008, ese valor se había elevado a 170 mil millones y se predecía que llegaría a los 513 mil millones en 2020.[53] Una estimación hecha por el USDA en 2008 (con datos de 2006) predecía que las sustancias químicas derivadas de la biomasa representarían el 22 % de las ventas totales de la industria química en 2025.[54] Estas cifras, sin embargo, no distinguen entre las sustancias químicas derivadas de la biomasa y la producción asistida mediante procesos biotecnológicos. Un estudio de Frost & Sullivan, de marzo de 2009, reportó que los ingresos en el mercado global de sustancias químicas renovables derivadas de la biomasa (sustancias químicas hechas con biomasa en vez de petróleo) alcanzaron únicamente los mil 630 millones de dólares en 2008 (sólo 4 % de las ventas), pero podría crecer hasta los 5 mil 10 millones en 2015.[55] El Foro Económico Mundial reporta que las sustancias químicas de base biológica podrían llegar a constituir el 9 % de la producción química total en 2020, con valor de 6 mil millones de dólares.[56] De acuerdo con el exagerado análisis de la consultoría Helmut Kaiser, los bioplásticos ya representan entre el 10 y 15 % del mercado total de los plásticos y podrían incrementar su participación a 25 o 30 % en 2020.[57]

La estafa de la bioma$a – Una primera conclusión del análisis de la economía de la biomasa es que en esta etapa sus promotores más agresivos son los gobiernos, los cuales destinan miles de millones de dólares para subsidiar, particularmente, la producción de biocombustibles. Los estudios del Banco Mundial y de la Iniciativa Global sobre Subsidios (Global Subsidies Initiative, GSI) sugieren que los subsidios anuales de los gobiernos para los biocombustibles exceden los 15 mil millones de dólares y podrían elevarse hasta 50 mil millones en 2020.[58] "En los próximos años, pareciera ser que los gobiernos han decidido que el cielo es el límite", declaró el Director de GSI, Simon Upton. Según el Banco Mundial, 24 países han establecido como mandato metas específicas en la producción de biocombustibles, mientras que la Unión Europea y otros 12 países ofrecen exenciones y créditos fiscales por el uso y producción de biocombustibles.[59]

Inversiones (bio)ma$ivas – La emergente industria de la biomasa se ha colocado en la posición de privilegio en lo que al financiamiento de capital de riesgo se refiere (llamado en este caso financiamiento de "tecnologías limpias"). Un estudio elaborado por Lux Research sobre más de 100 inversiones de capital de riesgo en el sector de biociencias, documentó un marcado incremento en los acuerdos de inversión en bioenergía después de que el gobierno de Estados Unidos estableció metas para la producción de etanol en 2005.[60] Entre 1998 y 2008, fluyeron al menos 4 mil 170 millones de dólares en capital de riesgo hacia ese campo. Muchas de las empresas estadounidenses líderes en ese sector, las cuales habían previamente financiado el boom de las empresas de Internet, se desplazaron hacia el sector de las "tecnologías ambientalmente amigables", especialmente la energía solar y los biocombustibles.[61] Por ejemplo, la empresa Draper, Fisher Jurvetson (localizada en el Valle del Silicón), la cual originalmente financió Skype y Hotmail, fue de las primeras en invertir en el campo de la biología sintética, proveyendo capital inicial a la empresa Synthetic Genomics, de Craig Venter (dedicada principalmente a los biocombustibles). Otra empresa financiadora del Valle del Silicón, Kleiner Perkins Caufield & Byers (KPCB), cuyos éxitos precedentes incluyen Google, America On-Line, Amazon.com y Sun Microsystems, respaldó en 2008 a cinco empresas diferentes de biocombustibles a base de celulosa,[62] a partir de recomendaciones de Al Gore y Bill Joy. Entretanto, el ex socio de Bill Joy, Vinod Khosla, de Khosla Ventures es hoy llamado "el barón de los biocombustibles", por haber financiado el capital inicial de al menos una docena de empresas, principalmente en la producción de etanol, de las cuales al menos cinco son empresas dedicadas a la biología sintética.

Según datos de la Red sobre Políticas en Energías Renovables para el siglo XXI (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21), los biocombustibles recibieron financiamientos en capital inicial por 19 mil 600 millones de dólares, sólo en 2007, aunque dicho financiamiento cayó a 15 mil 400 millones en 2008 y se desplomó a sólo 5 mil 600 millones en 2009. REN21 observa una reversión de la tendencia, a pesar de las grandes inversiones dirigidas al sector de los biocombustibles registradas en Brasil en estos días. Al mismo tiempo, las inversiones privadas en proyectos de bioelectricidad han aumentado de 9 mil millones de dólares en 2008 a 10 mil 400 millones en 2009.[63]

Bioenergía: energía producida a partir de la biomasa. Cualquier proceso que transforme materia biológica en energía. Incluye la producción y uso de biocombustibles, generación de electricidad a partir de biomasa y uso de biomasa para cocinar y para calefacción.

¿Dónde está el dinero en la economía de la biomasa?

Ingresos globales proyectados en 2010 por la cadena de producción de la biomasa

Fuente: El Foro Económico Mundial predice que la economía de la biomasa valdrá 295 mil millones de dólares para 2020 (valores por sector en millones de dólares).[64]

Insumos agrícolas
$15 mil millones
Semillas, protección de cultivos y fertilizantes

Energía y electricidad a partir de biomasa
$65 mil millones
Combustión combinada
Calor y energía

Producción de biomasa
$89 mil millones
Agroforestería de rotación rápida
cultivos energéticos
caña de azúcar

Comercio y manejo de biomasa
$30 mil millones
Fabricación de biomasa, logística y comercio

Biorrefinación de químicos y derivados
$6 mil millones
Fermentación de químicos a granel, polimerización y reacciones en fases posteriores

Biorrefinación de combustibles
$80 mil millones
Primera y segunda generación de producción de biocombustibles

Insumos para la biorrefinación
$10 mil millones
Enzimas, organismos y químicos para preparar la materia biológica



"Qué pasaría si recogemos de los suelos de Iowa la mitad de los desechos del maíz (hojas, cañas y tallos), dejando la otra mitad para controlar la erosión.¿Qué volumen obtendríamos? Aproximadamente 24 millones de toneladas. A 4 centavos por kilo, serían casi mil millones de dólares. Y si podemos ponerle un precio semejante al del plástico, (es decir, si convertimos ese volumen de biomasa en plásticos), obtendríamos unos 3 dólares por kilo. Entonces estamos hablando de 72 mil millones de dólares que se sumarían a la economía estatal. De hecho, estaríamos prácticamente duplicando el valor de la economía del estado de Iowa."

– Floyd Barwig, Director del Iowa Energy Center, 2004[65]

¿La biomasa de quién? Historia de dos bioeconomías

A los predicadores de la nueva bioeconomía les gusta formularla como el regreso a una economía sustentable en la cual la civilización humana dependió de la riqueza natural del presente en lugar de robarla de los depósitos minerales del pasado. Pero si bien es posible que a lo largo de un siglo la economía global en su conjunto se haya apartado de esa economía de base biológica, miles de millones de personas no lo han hecho. Campesinos, pueblos indígenas, pastores, pescadores, habitantes de los bosques y otras comunidades tradicionales han permanecido independientes de la economía de los hidrocarburos; sin embargo, a medida que el cambio climático se acelera, les resulta cada vez más difícil.

- Dos siglos después de que la revolución industrial comenzara a quemar carbón, tres mil millones de personas, dos tercios de las cuales viven en el Sur global, todavía dependen de la leña como fuente principal de combustible para cocina y calor.[66]
- Ciento treinta años después de que Edison inventara lo necesario para la distribución de la electricidad, 600 mil millones de personas no tienen acceso a la electricidad, cualquiera sea su fuente: carbón, viento, agua o astillas de madera.[67]
- Ciento cuarenta años después de que Siegfried Marcus acoplara un motor de combustión a un vehículo, 2 mil millones de personas todavía dependen de animales como principal fuente de energía para agricultura y transporte; en efecto, la mitad de las tierras agrícolas en el Sur global se trabaja exclusivamente con animales.[68]

Esas economías con base en la biodiversidad dependen exactamente de los mismos recursos naturales (plantas, tierra, agua, productos animales) que la nueva bioeconomía pretende captar para convertirlos en productos químicos industriales y energía. Además, la llamada "biomasa" que la industria pretende acaparar, no solamente ya es utilizada como un recurso por esas comunidades sino que también está profundamente interconectada con sus culturas y sistemas de conocimiento.



Ya existe una bioeconomía que depende de la biomasa para satisfacer sus necesidades de combustible, energía y productos diversos. Foto: Adam Jones

"La tierra más apta para la generación de biomasa (América Latina, África subsahariana) es la que está menos utilizada".

– Presentación de Steven Chu (Secretario de Energía en Estados Unidos) en la Conferencia sobre la Asociación Asia Pacífico, Berkeley, Estados Unidos, 19 de abril de 2006

Tierras marginales para ganancias siderales

Los promotores de la biomasa se refieren a tierras "marginales", "improductivas", "ociosas", "degradadas" y "abandonadas" así como a "tierras baldías", como objetivo para la extracción de biomasa. Aducen que en el mundo hay disponible unos 500 millones de hectáreas de tierras abandonadas o marginales en las que se pueden plantar cultivos para biomasa.[69] Tales argumentos parecen estar basados en datos satelitales que muestran zonas que antes eran tierras de cultivo. Sin embargo, una mirada más de cerca y a nivel del suelo de esas "tierras marginales" revela que a menudo en ellas es donde subsiste gente marginada. Lejos de estar "abandonadas" o "degradadas", sus usos son invisibles tan solo para un sistema que reconoce únicamente la propiedad privada y la agricultura industrial (y realiza sus evaluaciones desde muy lejos).

Una coalición de organizaciones de la sociedad civil explica en una investigación el mito de las tierras marginales: "Existen comunidades que usan estas tierras ricas en biodiversidad para producir sus alimentos, obtener ingresos, o para el pastoreo o la medicina. Reclaman la negación de su existencia y tampoco están siempre de acuerdo en que la conversión de sus tierras para la producción de agrocombustibles les llenará de beneficios.[70] Un estudio de Gören Berndes, quien hizo una revisión de 17 estudios de factibilidad sobre bioenergía, reveló que "la tierra que se registra como degradada frecuentemente es base de la subsistencia de poblaciones rurales".[71]

Por ejemplo, los pastizales son descritos como "ociosos" aún cuando son sustento de pueblos pastores y nómadas que necesitan una extensa zona de pastoreo para que el impacto en ecosistemas delicados sea leve. Jonathan Davies, coordinador de World Initiative for Sustainable Pastoralism, con sede en Nairobi, Kenya, comenta "Esas tierras marginales no existen en la escala que la gente cree.

Acaparamiento de tierras: es la fiebre actual por comprar tierras en el Sur global. En los últimos años ha habido un aumento masivo en el número de transacciones de compra y arriendo de tierras agrícolas en los trópicos por parte de inversionistas y estados del Norte. El término fue acuñado por la organización de la sociedad civil GRAIN.

En África, la mayoría de las tierras en cuestión son manejadas activamente por pastores, recolectores y a veces agricultores de tierras secas".[72] Y continúa "Dada la actual arrogancia con la que se encara la apropiación de tierras, o el caso omiso que se hace de los derechos territoriales de los habitantes rurales en numerosos países, es inevitable que la producción de agrocombustibles la harán grandes inversionistas a expensas de las comunidades locales".

Resulta alarmante que, lejos de ser un descuido inocente, la falta de reconocimiento de los derechos de los pequeños agricultores y pastores y el acaparamiento de sus tierras parece ser parte del plan. Por ejemplo, un informe de 2004 de prestigiosos investigadores europeos señaló que gran parte del potencial de los biocombustibles proviene de tierras de pastoreo y afirmó que, "Una condición previa para el potencial de bioenergía de todas las regiones es (…) que los actuales sistemas de manejo agrícola ineficientes y poco intensivos sean reemplazados en 2050 por las mejores prácticas en materia de sistemas de gestión agrícola y tecnologías".[73]


Ilustración: Colectivo la Colmena

En otras palabras, "saquen a los campesinos". En efecto, lo que resulta claro de este énfasis en apuntar a las tierras de pueblos marginados es que la llamada nueva bioeconomía sólo puede instalarse en la medida que desplace a las bioeconomías preexistentes.

Historia de dos bioeconomías

Economías basadas en "lo bio"	Economías basadas en la biodiversidad
Homogéneas – Definen la vida vegetal y otras vidas orgánicas por los denominadores comunes más obvios: abastecedores indiferenciados de "materias primas industriales" como azúcares, almidón, celulosa, aceite, etc.	**Heterogéneas** – Definen la vida vegetal y otras vidas orgánicas de manera heterogénea, diferenciando especies individuales y partes de plantas y animales con propiedades y usos específicos.
Promueven la monocultura – Organizan el abastecimiento a gran escala a partir de monocultivos agrícolas y forestales, destrucción de bosques y desmonte.	**Promueven la diversificación** – Organizan sistemas de cultivos diversos, a pequeña escala y también practican la recolección. A consecuencia, el desmonte se realiza de forma rotativa o itinerante.
Su objetivo es el mercado – Buscan la transformación industrial de la biomasa para convertirla en volúmenes masivos de bienes y mercancías para el mercado mundial como electricidad, agrocombustibles, productos químicos a granel, productos farmacéuticos y textiles.	**Su objetivo es la subsistencia** – Se basan en la transformación comunitaria o individual de los materiales vegetales y animales para uso personal o de la comunidad: medicinas, alimentos, usos culturales y espirituales.
Requieren alta tecnología – Para transformar la biomasa utilizan tecnologías patentadas que requieren grandes inversiones de capital – por ejemplo biotecnología, biología sintética, química sintética. La innovación ocurre rápidamente y se difunde aceleradamente en gran escala – a menudo de manera prematura.	**Sus tecnologías son adecuadas** – Utilizan tecnologías a escala humana, centradas en la comunidad, para transformar las plantas –por ejemplo secado, fermentación, cocción. La innovación puede ocurrir rápidamente pero a pequeña escala y se propaga lentamente a mayores escalas.
Son reduccionistas – Ven la naturaleza en términos de su valor comercial y su potencial de lucro.	**Son holísticas** – Consideran que la naturaleza está imbuida de valores culturales y espirituales. A menudo consideran que es sagrada.

Acaparamiento de tierras para biomasa

"La visión que tenemos es que existe una oportunidad fantástica de ayudar a algunos de los países africanos a desarrollar nuevas industrias mediante una verdadera...um...er... exploración de algunas de las tierras agrícolas que tienen y creando fantásticas oportunidades de empleo. Lo veo como la gran oportunidad para que las regiones tropicales se beneficien de la demanda de varios países en desarrollo y del mundo desarrollado".
– John Melo, Director General de Amyris, Inc.[74]

En 2008, la organización de la sociedad civil GRAIN reveló datos de una masiva intensificación de adquisiciones de tierra agrícolas en todo el Sur global por parte de estados ricos e inversionistas privados extranjeros.[75] Dos años después, un informe del Banco Mundial, apoyándose en la investigación de GRAIN, hizo un recuento de 464 proyectos que abarcaban como mínimo 46.6 millones de hectáreas de tierra, en gran medida en el África subsahariana.[76] Según GRAIN, quienes están al frente del acaparamiento de tierras – en gran medida inversionistas que procuran un paraíso seguro para su dinero en medio del derrumbe de los mercados financieros – buscan comprar tierras a precios bajos y hacerlas económicamente productivas en un corto periodo, lo que les permite obtener tanto como un 400 % de rentabilidad sobre la inversión en el término de tan sólo 10 años.[77]

La economía emergente de la biomasa, con su promesa de convertir pródigos cultivos de azúcares, celulosa y oleaginosas en mercancías de alto valor, resulta un claro incentivo al acaparamiento de tierras. En efecto, un análisis realizado en 2010 por Amigos de la Tierra sobre el acaparamiento de tierras en 11 países africanos reveló que por lo menos cinco millones de hectáreas de tierra – una superficie del tamaño de Dinamarca – ya están siendo adquiridas por empresas extranjeras para producir biocombustibles, principalmente para mercados del Norte.[78]



El Miscanthus Giganteus, un pasto alto, es una de las "gramíneas energéticas" más populares que se está promoviendo entre los agricultores como un cultivo ideal para la producción de biomasa. Foto: Bruce M Walter

El Banco Mundial calcula que el 21 % de los proyectos de acaparamiento de tierras está destinado a biocombustible[79] y explícitamente reconoce que las políticas del Norte, tales como los mandatos para el uso de biocombustibles, han desempeñado un papel esencial: "La obligatoriedad del uso de biocombustibles puede tener grandes efectos indirectos en el cambio del uso de la tierra, especialmente en la conversión de tierras de pastura y bosques"; se calcula que para 2030 la conversión mundial de tierras para obtener materias primas viables para la producción de biocombustibles oscilará entre 18 y 44 millones de hectáreas.[80]

Un nuevo comercio de biomasa – embarcando astillas

"La madera se está convirtiendo rápidamente en una parte muy importante del surtido de fuentes de energía y en unos pocos años será una mercancía mundial muy del estilo del petróleo."
– Heinrich Unland, jefe ejecutivo de Novas Energy GmbH, Alemania[82]

"La expansión de los biocombustibles en nuestro continente está transformando los bosques y la vegetación natural en cultivos para combustible, quitándoles a las comunidades las tierras agrícolas para el cultivo de alimentos y creando conflictos con la gente local sobre la propiedad de la tierra".
– Marianne Bassey, coordinadora de alimentación y agricultura de Environmental Rights Action/Amigos de la Tierra Nigeria[81]

El acaparamiento de tierras para biocombustibles es tan solo una parte del acaparamiento de tierras y recursos del Sur por parte de empresas. Esto ocurre en la medida que la celulosa (y en particular la biomasa leñosa) tiene cada vez mayor valor industrial. Quizás el ejemplo más claro sea el surgimiento de un comercio mundial de aserrín comprimido en cápsulas o pélets que se usan como materia prima industrial de quemadores de biomasa para la generación de electricidad. En la actualidad este comercio es relativamente pequeño y en gran medida ocurre dentro de Europa (70 % en los países bálticos); sin embargo, un informe industrial reciente prevé que aumente entre 80 y 150 veces en los próximos años,[83] y la industria admite que seguramente habrá un cambio para producir pélets a partir de cultivos energéticos de rápido crecimiento, lo que a fin de cuentas promoverá la deforestación.

Según estimaciones de la industria, la producción de pélets de madera, que hace 15 años era prácticamente inexistente, alcanzó aproximadamente los 10 millones de toneladas en 2008. Se espera que en los próximos 4-5 años se duplique y algunos expertos de la industria pronostican un crecimiento anual mundial de 25-30 % en los próximos diez años.[84]

En especial los objetivos que tiene Europa para aumentar el uso de combustible de biomasa están promoviendo la búsqueda de astillas más baratas en el Sur global así como su adquisición en Estados Unidos.

- MagForest, una compañía canadiense que realiza actividades en la República Democrática del Congo, habría embarcado 500 mil toneladas anuales de astillas de madera hacia Europa.
- IBIC Ghana Limited asegura que puede exportar 100 mil toneladas de madera tropical dura y blanda todos los meses desde Ghana, como materia prima industrial para la producción de biomasa.
- Sky Trading, con sede en Estados Unidos, ofrece suministrar hasta 600 mil toneladas de astillas como biomasa, desde Estados Unidos o Brasil.
- Según documentos examinados por The Global Forest Coalition, Brasil se dispone a cubrir la demanda europea de astillas expandiendo las plantaciones de árboles en 27 millones de hectáreas, en su mayoría de especies exóticas como el eucalipto.[85]

Cultivos energéticos – la invasión del campo

Si bien los impulsores de la bioeconomía argumentan que el cambio a los biocombustibles derivados de celulosa no perjudicará la producción de alimentos, igualmente se programan cambios drásticos en el campo. La intención de retirar más paja y rastrojos para destinarlos a materia prima agrícola viable, así como la de aumentar la cantidad de tierra destinada a cultivos energéticos cambiará sustancialmente los patrones de uso de la tierra y los sistemas agrarios e introducirá nuevas tensiones en el medio rural.

Jack Huttner, anteriormente de DuPont Danisco Cellulosic Ethanol, es ahora Vicepresidente Ejecutivo de Commercial & Public Affaires, de Gevo, con sede en Estados Unidos, empresa que está trabajando en la próxima generación de biocombustibles. Según Huttner, para que los biocombustibles celulósicos sean viables es necesario no solamente construir cientos de biorrefinerías sino también rodear a cada una de miles de hectáreas de tierra plantada con cultivos energéticos como pastizales. "Hablamos de una transformación bastante sustancial del escenario económico rural", declaró Huttner a *Business Week* en 2009. Las compañías de biocombustibles tendrán que organizar a los agricultores para que siembren millones de acres de un cultivo energético como el pasto aguja. "Me preocupa que básicamente hay que organizar una nueva economía", declaró, y explicó que son los grandes actores, no las pequeñas compañías, los únicos que tienen la capacidad de hacerlo.[87]

Cosechar, embalar, secar y almacenar vastas cantidades de pasto y rastrojos de maíz también plantea nuevos desafíos. Algunas de las primeras ganancias de la nueva bioeconomía parecen estar destinadas a los fabricantes de equipamientos agrícolas, tales como John Deere, que recientemente firmó un acuerdo de colaboración en investigación con Monsanto y Archer Daniels Midland para captar los residuos de los cultivos. Embalar los rastrojos cosechados de manera lo suficientemente apretada como para que puedan ser transportados económicamente a una planta procesadora, por ejemplo, resulta un obstáculo importante, como también lo es asegurar que la biomasa recolectada se seque lo suficiente como para almacenarla sin que junte moho y sin tierra que pueda interferir con el proceso de fermentación. Sam Acker, director de comercialización de cosecha y agricultura de precisión de Case IH North America, declaró a la publicación Corn and Soybean Digest en noviembre de 2008 que "podría resultar difícil que los rastrojos se conviertan en una materia prima industrial importante por los problemas de humedad y densificación que presentan".[88]

"Creo que el mayor problema para todos es cómo vamos a cultivar, recolectar, almacenar y tratar la biomasa".
– Brent Erickson, cabildero de la Biotechnology Industry Organization[86]

Tampoco queda claro si los nuevos pastos energéticos, tales como el miscanthus o el pasto aguja, son benignos para los sistemas agroecológicos. En septiembre de 2006, un equipo de investigadores que escriben en Science señalaron que es muy probable que esos pastos se conviertan en especies invasoras. "La mayoría de los rasgos que se consideran muy buenos para los cultivos destinados a biocombustible – ausencia de plagas o enfermedades, rápido crecimiento, elevada eficiencia en el uso del agua – son aspectos alarmantes para los biólogos que estudian la invasión de especies", expresó Robert N. Wiedenmann, un profesor de entomología de la Universidad de Arkansas, quien señaló al sorgo de Alepo o pasto Johnson (Sorghum halepense) como ejemplo de un cultivo "aparentemente benigno" que se introdujo a la agricultura estadounidense y se hizo invasor. Ahora causa pérdidas de hasta 30 millones de dólares por año a las industrias del algodón y la soja en por lo menos tres estados de la Unión Americana.[89]

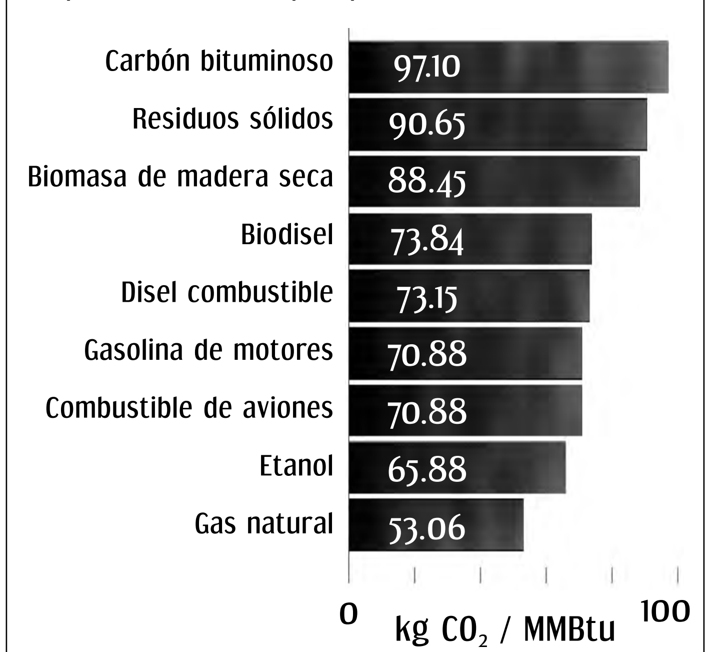
En agosto de 2009, la junta asesora federal de Estados Unidos sobre especies invasoras sonó su propia alarma. “Ante la ausencia de esfuerzos estratégicos de mitigación, existe un riesgo importante de que algunos cultivos para biocombustible se escapen y provoquen perjuicios socioeconómicos y/o ecológicos”, advirtió el Comité Asesor de Especies Invasoras en el libro blanco “Cultivating Energy Not Invasive Species” (Cultivar energía, no especies invasivas).[90] El documento señala que “ciertas especies vegetales propuestas para la producción de biocombustible (por ejemplo el pasto cinta [Phalaris arundinacea], la caña gigante [Arundo donax] y el pasto elefante [Miscanthus sinensis]) ya son invasoras en regiones de Estados Unidos y/u otras partes del mundo”.

“Nos aferramos a rastrojos y hojarascas (y a otros tipos de biomasa) en nuestra desesperación por creer que hay una salida fácil”.
- George Monbiot, *The Guardian,* 2009[92]

Lo que es más preocupante es que al comité le faltó poco para aconsejar que no se utilizaran cultivos energéticos invasores, pero en cambio recomendó a los productores de esos cultivos incorporar “rasgos deseables” para evitar la invasión, por ejemplo “esterilidad o menor producción de semillas” o “incapacidad de regenerarse a partir de fragmentos del tallo”.[91] Si bien esto se refiere primordialmente al desarrollo de cultivares estériles de pasto elefante a través de hibridación, ese lenguaje también podría resultar una peligrosa invitación a equipar los cultivos para biocombustible con las llamadas “tecnologías de restricción del uso genético” (TRUGs), como la tecnología Terminator.

Emisiones de CO_2 de diferentes tipos de combustibles

Cantidad de CO_2 emitida de la chimenea o tubo de escape al quemar combustible para producir 1 millón de BTUs:



Fuentes: (1) Annual Energy Outlook 2010 with Projections to 2035 – 11 de mayo de 2010, www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/carbon_dioxide.html

(2) EIA Voluntary Reporting of Greenhouse Gases Program Fuel Carbon Dioxide Emission Coefficients, en línea en www.eia.doe.gov/oiaf/1605/coefficients.html

El mito de la neutralidad en carbono

Numerosos negociadores que participan en las reuniones internacionales sobre las políticas climáticas se guían ahora por el falso principio de que la energía procedente de la biomasa no contribuye al calentamiento global porque todo el carbono liberado de la biomasa pueden teóricamente volver a capturarlo las nuevas plantas que sustituyen a las anteriores. Es una linda teoría que se desmorona ante un examen más riguroso. Consideremos lo siguiente:

La combustión de biomasa puede liberar más CO_2 que los combustibles fósiles. Esto se debe a que es necesario quemar una cantidad mucho mayor de biomasa para alcanzar la misma producción de energía. Según el Departamento de Información de Energía del gobierno de los Estados Unidos, la combustión de madera dura produce levemente menos CO_2 por unidad de energía que el carbón, pero mucho más que el petróleo o el gas. Algunos analistas afirman que las emisiones que arrojan las chimeneas por la combustión de biomasa son incluso mayores que las de la combustión de carbón cuando la humedad (la cantidad de agua que todavía queda en la biomasa) es elevada.[93]

Neutralidad en carbono: Emisiones cero de dióxido de carbono. Se refiere a procesos que en general no agregan dióxido de carbono extra a la atmósfera. Los impulsores de la biomasa aducen que la utilización industrial de la biomasa es neutral en carbono porque las plantas en crecimiento fijan dióxido de carbono, por lo que los procesos basados en la biomasa absorben dióxido de carbono donde sea que lo emitan. Esto es falso.

El dióxido de carbono de la biomasa es liberado rápidamente pero puede demorar décadas en volver a almacenarse. Cuando es quemado para obtener energía, un árbol maduro (de 80 a 100 años) demora pocos minutos en liberar toda su carga de carbono a la atmósfera, pero el árbol que lo reemplace, si crece, demora todo un siglo en volver a almacenar ese carbono. Durante esos 100 años el CO_2 sigue estando en la atmósfera, ayudando a empujar al clima al punto de un cambio peligroso. Y sin embargo, las reglas de contabilidad del carbono lo tratan como si ya no existiera (ver más abajo Un grave "error de contabilidad"). Los impulsores de la bioeconomía proponen reemplazar árboles maduros con variedades de rápido crecimiento, tales como álamos y eucaliptos, argumentando que son sumideros más eficientes de carbono que los bosques antiguos. Esas afirmaciones han sido rechazadas en los últimos años y se afirma contundentemente por doquier que los bosques primarios son mejores que los bosques reforestados para almacenar el carbono atmosférico.[94]

Alterar los suelos y cambiar el uso de la tierra para plantar o cosechar biomasa provoca grandes emisines de gases con efecto de invernadero. Se cree que tan solo los 100 cm superiores de suelo en todo el mundo almacenan una cifra estimada de 1 555 millones de toneladas de carbono, contenido en microbios, raíces de plantas, compuestos orgánicos presentes en agregados del suelo, insectos y otra fauna del suelo.[95] Esto es más del doble (2.5 veces) de la cantidad de carbono almacenada en todas las plantas de la superficie terrestre del mundo y aproximadamente la misma magnitud que la cantidad ya existente en la atmósfera.

La alteración de esos suelos con fines de explotación en régimen de agricultura industrial, deforestación y plantaciones de monocultivos con uso intensivo de productos químicos, así como otros cambios en el uso del suelo, es una de las mayores fuentes de emisiones de carbono. Aún el muy conservador informe Stern de 2006 sobre los costos económicos del cambio climático estimó que en 2000, el cambio en el uso de la tierra fue la segunda mayor fuente de emisiones de gases con efecto de invernadero (GEI), después del sector de generación de energía eléctrica.[96]

Según Stern, un 18 % de las emisiones de gases con efecto de invernadero fueron el resultado de cambios en el uso de la tierra, siendo la deforestación la actividad que más contribuye, responsable de la emisión de más de 8 mil millones de toneladas de dióxido de carbono por año.[97] Eliminar el material celulósico de los campos puede degradar aún más los suelos, reduciendo su capacidad de almacenar carbono.

Hay estudios que han demostrado que los suelos agrícolas de Estados Unidos ya han perdido entre 30 % y 50 % de su carbono orgánico desde que comenzaron los cultivos (hace poco más de un siglo en muchos casos). Un estudio de 2009 demuestra que la eliminación de rastrojos, cualquiera sea su nivel, reduciría aún más los niveles de carbono del suelo así como el rendimiento de la tierra en los años subsiguientes.[98]

La producción y el transporte de materia prima de biomasa tiene una emisión elevada de gases con efecto de invernadero. Según un análisis de la organización GRAIN, el sistema industrial de alimentación y agricultura es la causa principal del cambio climático, generando entre el 44 % y el 57 % del total mundial de emisiones de gases con efecto de invernadero.[99] Esta estimación incluye el desmonte, la energía utilizada para la producción de semillas, la maquinaria para perforar, cosechar y transportar la producción, el riego, las emisiones de los animales y la alteración de los suelos por la producción y el empleo de plaguicidas y fertilizantes. La destrucción de bosques y el manejo de plantaciones están también asociados con importantes emisiones de gases, incluso por el transporte y uso de equipos para corte y acarreo. Transportar biomasa en camiones gasta más energía que transportar carbón, petróleo o gas debido al bajo contenido de energía de la propia biomasa. Esto ocurre especialmente con la biomasa destinada a la producción de biocombustibles y productos bioquímicos más que a la bioelectricidad. La conversión a esos productos finales tiene una tasa de conversión de energía más pobre que la combustión y generalmente también queda un residuo que debe ser transportado – lo que se agrega al costo general de energía.

Retirar el material celulósico del campo para destinarlo a biomasa hará que se usen más fertilizantes en los suelos. Los fertilizantes basados en fosfato de nitrógeno liberan óxido nitroso – un gas con efecto de invernadero 298 veces más potente que el CO_2.[100] El uso mundial de fertilizantes ya ha aumentado un 31 % entre 1996 y 2008, en parte debido al cultivo de agrocombustibles.[101] Además del impacto de sus propias emisiones directas, los fertilizantes, en primer lugar, hacen un uso intensivo de energía (y por lo tanto son intensivos en carbono) tanto cuando son producidos como cuando son aplicados. Un estudio de 1998[102] estimó que la producción de fertilizantes es responsable de aproximadamente 1.2 % del total de emisiones de gases con efecto de invernadero – equivalentes al total de emisiones de Indonesia o Brasil. En Estados Unidos solamente, el uso y producción de fertilizantes representa el treinta por ciento del uso de energía en la agricultura.

Los fertilizantes también ejercen otro impacto (indirecto) sobre las concentraciones de gases con efecto de invernadero, cuando el nitrato que se filtra de los campos fertilizados forma zonas oceánicas muertas que también pueden estar liberando cantidades enormes de CO_2, metano y óxido nitroso.

La eliminación de vegetación para producción de biomasa también puede agravar el cambio climático cambiando la cantidad de calor que se guarda en la atmósfera. En Australia, por ejemplo, hay científicos que estiman que la pérdida de vegetación nativa redujo la formación de nubes e implicó que se reflejara menor calor al espacio. Esto exacerbó los impactos de las recientes sequías vinculadas al clima, aumentando la temperatura unos 2 a 3 grados Celsius. En Australia esos cambios contribuyeron al colapso de la productividad agrícola de la región.[103]



Un grave "error de contabilidad"

Numerosas políticas nacionales e internacionales para enfrentar el cambio climático se basan en la falsa noción de que la energía derivada de la biomasa es, intrínsecamente, "neutral en carbono". La raíz de este error común radica en las prácticas de contabilidad del carbono consagradas en la Comisión Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, CMNUCC.

En 2001, el órgano científico asesor de la CMNUCC, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés), describió por primera vez el uso de biomasa para energía como "sistemas de suministro de energía con baja emisión de carbono" y sin rodeos estableció que "los biocombustibles líquidos que reemplacen combustibles fósiles reducirán directamente emisiones de CO_2. Por lo tanto, una combinación de producción de bioenergía con sumideros de carbono (quemar la cubierta vegetal de un bosque y al mismo tiempo reforestarlo con eucaliptos, por ejemplo) puede ofrecer máximos beneficios como estrategia de mitigación".[104]

Para 2007 el entusiasmo del IPCC se había aplacado un poco: "Los biocombustibles pueden desempeñar un papel importante para resolver las emisiones de GEI en el sector del transporte, dependiendo de su forma de producción".[105]

A pesar de eso, en las mentes de los responsables de las políticas ya había quedado la impresión de que promover los usos de la energía derivada de la biomasa en las estrategias nacionales era un camino legítimo y relativamente fácil para cumplir los compromisos relacionados con el cambio climático.

En efecto, las reglas para calcular las emisiones de carbono en el marco del Protocolo de Kyoto eximen totalmente la energía de biomasa como fuente de emisiones, independientemente de cómo se obtiene la biomasa y cuánto carbono adicional se libera en la producción del energético. Esto es resultado de la decisión adoptada por el IPCC de no contabilizar las emisiones de carbono asociadas a la fabricación de bioenergía. Cuenta el carbono liberado como parte de los cambios en el uso de la tierra, argumentando que evita así la doble contabilidad. De esa manera la energía derivada de la biomasa tuvo pase libre. Esta excepción establece un poderoso incentivo económico para que las naciones cambien a las fuentes de energía de biomasa disponibles más baratas para cumplir los objetivos en materia de emisiones de dióxido de carbono y ganar créditos de carbono. Según un estudio reciente hecho con proyecciones, la política de eximir la energía derivada de la biomasa de la contabilidad de las emisiones podría llevar a las naciones prácticamente a ocupar todos los bosques y sabanas del mundo con cultivos bioenergéticos. Tal desplazamiento masivo de los bosques liberaría potencialmente miles de millones de toneladas de carbono durante una breve escala de tiempo (menos de 20 años) – un escenario que provocaría una pérdida catastrófica de la biodiversidad y un cambio climático peligroso en menos de un siglo.[106]

Esa perspectiva ha alarmado tanto, incluso a los entusiastas de la energía de biomasa, que en octubre de 2009 trece científicos y expertos en políticas, algunos de ellos estrechamente identificados con los protocolos de contabilidad de Kyoto originales, advirtieron en un documento publicado en Science que la exención de la biomasa de los protocolos de contabilidad del carbono era un error "de amplio alcance" y "grave" en el acuerdo global sobre el clima.[107] Propusieron que este "error de contabilidad" podría arreglarse si se midieran las emisiones de la energía de biomasa en el tubo de escape o la chimenea, al igual que se miden las emisiones de combustibles fósiles, y que todo beneficio por secuestro de carbono debería ser medido y acreditado por separado, contabilizando el verdadero manejo de la tierra y prácticas de producción para las diferentes tecnologías de biocombustibles y biomasa.

Estableciendo una analogía con la reciente crisis financiera, los autores del estudio publicado en Science – entusiastas de los biocombustibles celulósicos – dieron a entender que este tema de contabilidad falsa podría a la larga desacreditar toda la agenda de la biomasa. "Al igual que con la auditorías financieras, es importante que las auditorías del carbono sean correctas desde el inicio", expresó Philip Robertson, uno de los autores. "La promesa de los biocombustibles celulósicos es enorme para nuestro clima y economía. No queremos encontrarnos más tarde con que hemos construido una nueva industria sobre un castillo de naipes".[108]

Comerciando carbono de biomasa

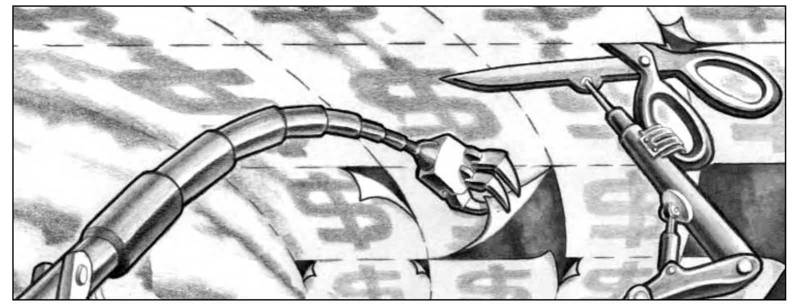
La CMNUCC no sólo ha bendecido falsamente a la biomasa como neutral en carbono a la hora de contabilizar las emisiones sino que también estableció mecanismos institucionales para recompensar financieramente el crecimiento de la nueva economía de la biomasa. Si bien la reducción de las emisiones nacionales de GEI (primordialmente dióxido de carbono) fueron la pieza central del Protocolo de Kyoto, en las negociaciones finales los delegados se avinieron a las propuestas de Estados Unidos de introducir los llamados mecanismos de flexibilidad ("flex mex") que permitirían el comercio de derechos de emisión dentro de un tope establecido y estricto así como opciones para monetizar "sumideros" biológicos y geológicos de carbono dentro de esos mecanismos.[109]

El Artículo 3.3 de la CMNUCC permite a los estados recibir créditos o débitos en sus reducciones de emisiones, dependiendo de cómo manejaron sus propios sumideros de carbono. Al hablar de "sumideros", los entusiastas de los mecanismos de flexibilización pensaban que plantas, suelos y océanos almacenan naturalmente dióxido de carbono de la atmósfera y por lo tanto argumentaron que las medidas para proteger y aumentar los sumideros, tales como plantar más árboles o reducir la erosión del suelo, deberían recibir créditos comercializables. Esos créditos podrían ser emitidos, por ejemplo, en el marco del nuevo "Mecanismo de Desarrollo Limpio" (MDL) del Protocolo o dentro de lo que se conoce como proyectos "de aplicación conjunta". En particular el MDL alienta la inversión de empresas y estados del Norte en proyectos de captura de carbono o mitigación que se desarrollen en el Sur global.

Si bien los proyectos de agricultura y bosques inicialmente se restringieron a satisfacer sólo a una pequeña parte de los proyectos MDL, en 2001 se abrieron más lagunas en los mecanismos de flexibilización que permitieron que la biomasa de los bosques existentes fuera computada y monetizada más fácilmente. Desde entonces, las empresas de energía y de químicos derivados de biomasa han presionado diligentemente para que el MDL expanda su financiamiento a todas las partes de la economía de la biomasa. Desde 2005 se aprobaron metodologías para financiar la producción de electricidad derivada de quemar residuos de plantaciones de caña de azúcar, bagazos, cáscara de arroz y racimos de frutas de la palma aceitera. A partir de septiembre de 2006, el MDL aceptó el uso de biomasa para calentar agua. Desde 2009, los proyectos que producían biodiesel en las tierras llamadas degradadas también pudieron acceder a créditos del MDL. En febrero de 2010, el directorio del MDL aprobó además el otorgamiento de créditos a plantas de generación de energía eléctrica para la combustión de biomasa, incluso a centrales eléctricas alimentadas a carbón para que adopten, además, biomasa.[110]

Desde octubre de 2010 se han aprobado o presentado para su aprobación 705 proyectos de biomasa para 45 millones de créditos certificados de carbono en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio. La mayor parte corresponde a India (318 proyectos), China (101 proyectos) y Brasil (94 proyectos). Del total de proyectos MDL, los de biomasa representan el 12.75 %, ocupando el tercer lugar después de los proyectos eólicos e hidroeléctricos.[111] A los precios actuales, esos créditos tendrían un valor de aproximadamente 500 millones de dólares, que se agrega al valor general de la economía de la biomasa.[112]

Mientras tanto ha surgido una industria "voluntaria" y no regulada de los créditos de carbono, por fuera del marco de Kyoto y con compañías de tecnologías nuevas, como Future Forests, que vinculan los proyectos de biomasa y bioenergía con nuevos créditos de carbono que podrían ser vendidos a consumidores individuales para "compensar" los estilos de vida que conllevan altos niveles de emisión de carbono. El Banco Mundial estima que el comercio de carbono tiene un valor actual de 144 mil millones de dólares y que en Europa, Asia y América del Norte las transacciones comerciales de carbono, tanto nacionales como regionales, están en plena actividad.[113]



'Recortando el cielo', por el Colectivo La Colmena

Comerciando carbono de biomasa Segunda parte: REDD-itos y lucro

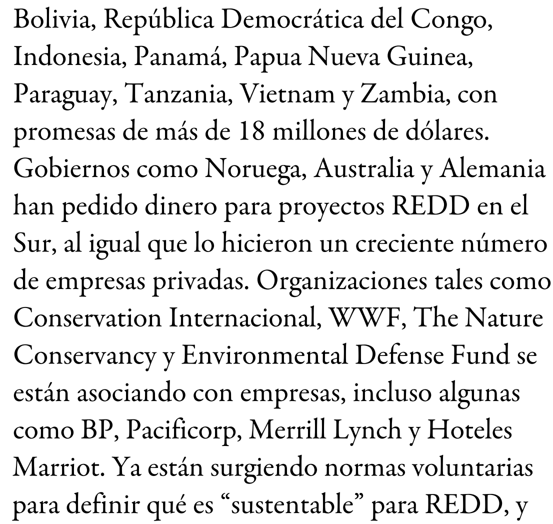
La combinación de los defectuosos métodos de contabilidad de la CMNUCC con el financiamiento de proyectos de bioenergía parece un ataque más que suficiente a la biodiversidad. Pero, por si fuera poco, el mismo foro internacional está por introducir un tercer mecanismo para mercantilizar la biomasa. Lo que se ha dado en llamar REDD (Reducción de emisiones por deforestación y degradación del bosque), actualmente en vías de negociación en la CMNUCC, pretende dar a la biomasa forestal un valor financiero en función del carbono que almacena. La idea detrás de REDD es apoyar el carbono almacenado en la biomasa forestal con bonos financieros que puedan ser convertidos a dinero y puedan comercializarse como cualquier mercancía financiera existente. Quienes respaldan el mecanismo REDD argumentan que ofrecerá un incentivo comercial para impedir la tala y la deforestación. Pero en la medida que hace dinero de la biomasa, REDD exacerba la reducción de la biodiversidad al convertirla en meras existencias de carbón para su venta. Si bien la industria forestal ya ha sido acusada de que los árboles no le dejan ver el bosque, REDD ni siquiera puede ver los árboles porque lo único que ve es el carbono que guardan. El resultado de tal reduccionismo es que la puesta en práctica de REDD seguramente perjudique tanto a la diversidad biológica de la naturaleza como a las comunidades que dependen de ella.



Foto: Orin Langelle, Global Justice Ecology Project

Específicamente, el Plan de Acción de Bali de la CMNUCC reclama "políticas e incentivos positivos sobre temas relacionados con la reducción de emisiones por la deforestación y degradación de los bosques en países en desarrollo; y el rol de la conservación, la gestión sustentable de los bosques y el mejoramiento de las reservas de carbono forestal en los países en desarrollo". Si se lo decodifica, este párrafo del llamado "REDD+" autoriza a que los pueblos tradicionales sean expulsados de sus bosques con fines de "conservación", así como que se otorguen subvenciones para realizar actividades madereras comerciales que cumplan con criterios de "manejo sustentable" previamente acordados. Además, cuando se habla de "mejoramiento de las reservas de carbono forestal", REDD+ parece dispuesto a recompensar financieramente la conversión de bosques a plantaciones industriales de árboles con la justificación de que esas plantaciones almacenan más carbono del que pueden hacerlo los bosques en crecimiento natural. Esto tiene graves consecuencias para la biodiversidad y las comunidades locales.

Aún antes de que REDD se acepte e implemente, gobiernos, empresas, grandes ONGs e instituciones internacionales ya están experimentando con esta forma de financiamiento del carbono basado en la biomasa e intentan establecer métodos del estilo REDD. Según REDD Monitor, un sitio que hace el control ciudadano del proceso REDD, el Banco Mundial aprobó 25 proyectos en el marco de su Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF por sus siglas en inglés) y tres a través de su Fondo Biocarbon, mientras que UN-REDD (PNUD, PNUMA y FAO) lleva a cabo proyectos pilotos en Bolivia, República Democrática del Congo, Indonesia, Panamá, Papua Nueva Guinea, Paraguay, Tanzania, Vietnam y Zambia, con promesas de más de 18 millones de dólares. Gobiernos como Noruega, Australia y Alemania han pedido dinero para proyectos REDD en el Sur, al igual que lo hicieron un creciente número de empresas privadas. Organizaciones tales como Conservation Internacional, WWF, The Nature Conservancy y Environmental Defense Fund se están asociando con empresas, incluso algunas como BP, Pacificorp, Merrill Lynch y Hoteles Marriot. Ya están surgiendo normas voluntarias para definir qué es "sustentable" para REDD, y mercaderes de carbono como EcoSecurities y Caisse des Depots se están preparando para convertir en fuente de lucro toda la biomasa forestal del mundo a la que puedan echar mano.[114]



Transferencia de tecnologías de la biomasa – La Iniciativa sobre Tecnología del Clima

La economía de la biomasa está recibiendo un impulso financiero más de la CMNUCC a través de las actividades estipuladas sobre transferencia de tecnología. En 1995, la Agencia Internacional de la Energía y la OCDE crearon la iniciativa denominada Iniciativa sobre tecnología del clima para facilitar la transferencia de tecnología "respetuosa del clima" del Norte al Sur. Por supuesto la biomasa desempeñó un papel destacado en las actividades de la iniciativa. Su brazo privado, conocido como la red consultiva de financiación privada, PFAN por su sigla en inglés, actúa como un organismo de mediación que conecta a inversionistas y empresas de tecnología del Norte con proyectos del Sur para gestionar transacciones comerciales de "energía limpia". Más de un tercio de los 60 proyectos que PFAN está tramitando – que representan 823 millones de dólares – son de energía a partir de biomasa, tales como la generación de electricidad, la producción de pelets para combustión industrial o la producción de biodiesel.[115]

InfraREDD - mapeo de la biomasa

Los satélites y helicópteros pueden combinarse ahora para mapear y monitorear (en tres dimensiones) la biomasa y las tierras a ser identificadas, manejadas y explotadas en la nueva economía de la biomasa. Las cámaras montadas en aviones livianos, incluso helicópteros, usan imagenología hiperespectral para analizar longitudes de onda visibles e infrarrojas que revelan variaciones en la vegetación. Las mediciones precisas de luz revelan los nutrientes del suelo, identificando no solamente el tipo de vegetación de la superficie sino lo que se oculta debajo y por lo tanto qué podría crecer ahí. Originalmente, la tecnología se desarrolló para encontrar lugares de sepultura pero se diversificó para servir a una multitud de intereses, desde arqueológicos hasta la CIA.

Para los inversionistas en el acaparamiento de tierras, que buscan "mejorar" económicamente las tierras llamadas marginales, mapear esa biodiversidad tiene valor considerable. Sus utilidades inmediatas incluyen la identificación aérea de los cultivos patentados y la oportunidad de cotejar suelos, bichos o plantas que ofrezcan usos industriales. Después de ubicar y embolsarse la biodiversidad, la tierra puede ser utilizada con otros fines.

El mapeo se dirige especialmente a la búsqueda de carbono. En septiembre de 2010, el instituto Carnegie de la Universidad de Stanford anunció que, con WWF y el gobierno peruano como socios, había mapeado más de cuatro millones de hectáreas de selva amazónica (aproximadamente la superficie de Suiza).



Ilustración: Colectivo La Colmena

Si bien los satélites mapearon tipos de vegetación y registraron perturbaciones, las imágenes satelitales fueron complementadas por un helicóptero que utilizó la tecnología LiDAR (teledetección por láser aerotransportado) – propiedad de Carnegie – para producir representaciones 3-D de la estructura de la vegetación de la zona. En el terreno, los científicos convirtieron los datos estructurales en densidad de carbono, tomando por referencia una red pequeña de parcelas de campo. El novedoso sistema de Carnegie reunió la geología, el uso del suelo y los datos sobre las emisiones para informar al gobierno de Perú – y a cualquier otra persona que acceda a los datos – que el total de almacenamiento de carbono de los bosques de la región era de 395 millones de toneladas. El IPCC estima que el carbono almacenado en el área investigada era de 587 millones de toneladas. En el marco de los programas al estilo REDD, el enfoque de alta resolución de Carnegie podría dar más créditos por tonelada de carbono.[116] A quienes buscan materia prima de biomasa, les dice qué hay para comprar. El sistema también es barato. El mapa de Perú costó 8 centavos por hectárea y un mapa similar en Madagascar costó sólo 6 centavos.[117] Por supuesto, en el mundo de la materia prima de la biomasa y el comercio de carbono, la cuestión es ¿cuánta biomasa puede producir el suelo?

La economía verde – el lugar perfecto para la bioeconomía

Las múltiples crisis que azotaron al mundo en 2007 y 2008 tomaron al sistema multilateral por sorpresa. En la lucha por lograr una recuperación, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lanzó en 2008 la Iniciativa para una Economía Verde, (Green Economy Initiaitve), diseñada para ayudar a los gobiernos a reestructurarse y reorientar sus políticas, inversiones y gastos hacia las actividades comerciales y la infraestructura que entreguen "mejores rendimientos en las inversiones de capital natural, humano y económico" a la vez que reduzcan "las emisiones de gases con efecto de invernadero, con menos extracción y utilización de los recursos naturales", que generen menos desechos y que reduzcan las disparidades sociales.[118]

La "economía verde" recibió en 2009 un sello oficial de la ONU con el lanzamiento de su "Nueva Política Mundial Verde en pro del Desarrollo Sostenible". El pacto apunta a que se gaste en estímulos el uno por ciento del PIB mundial (lo que totaliza unos 750 millones de dólares) y establece cambios en las políticas internas e internacionales para apoyar a la economía verde. Un informe de 2009 de HSBC Global Research demostró que los gobiernos del Grupo de los 20 ya habían asignado más de 430 mil millones de dólares en estímulos fiscales a proyectos de los sectores de cambio climático y otros temas "verdes".[119] Muchos pueden ser proyectos antiguos, reformulados para cumplir los criterios "verdes".

La economía verde ha recibido amplio apoyo de la ONU. El Grupo de Gestión Ambiental de Naciones Unidas que coordina la dirección de todos los organismos especializados relacionados con el ambiente adoptó la Iniciativa para una Economía Verde en su programa de trabajo bienal para evaluar cómo puede apoyar con mayor coherencia a los países en la transición hacia una economía verde. Así que gobiernos que quieren aparecer tomando medidas en materia de cambio climático y recuperar sus economías se convierten de pronto en promotores de la economía verde. Este entusiasmo generalizado (de la ONU y de los gobiernos) le asegurará a la bioeconomía una cálida bienvenida. Junto con la gobernanza ambiental internacional, la economía verde es uno de los dos temas principales de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20) en 2012.

"Habría que cubrir casi toda la tierra arable del planeta con los cultivos energéticos de más rápido crecimiento, como el pasto aguja, para producir la cantidad de energía que se consume actualmente por año a partir de combustibles fósiles.
– Departamento de Energía de Estados Unidos[120]

Ya hay puntos de convergencia entre la bioeconomía y la economía verde. Los arquitectos fundamentales de la Iniciativa para una Economía Verde son también los principales autores de La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB por sus siglas en inglés), que ofrece la base conceptual de REDD (y REDD+ y otras mutaciones), y del concepto abarcativo de "compensaciones de la biodiversidad", conformando una faceta de la bioeconomía: la economía de los servicios de la biodiversidad. Las biorefinerías y la producción basada en lo biológico están entre los modelos de la "innovación verde", explícitamente avalada por la Iniciativa. Con casi 500 millones de dólares recaudados en muy poco tiempo de programas de estímulo fiscal extendidos por gobiernos ricos, la economía verde es perfecta para alimentar los motores de la bioeconomía.

Watts, megawatts (MW), gigawatts (GW) y terawatts (TW): unidades de potencia. **Vatio** o **watt** (símbolo **W**), es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Megawatts son millones de watts; gigawatts son miles de millones de watts y terawatts son billones de watts. Una lámpara de luz en el hogar utiliza continuamente entre 25 y 100 watts; un gran edificio comercial o una fábrica consumen energía solo medible en megawatts; las centrales energéticas más grandes, como las centrales nucleares, producen gigawatts de energía. Se habla de terawatts sólo para describir el uso de energía global o regional.

No hay biomasa que alcance

Al promocionar la biomasa como la nueva materia prima de una economía mundial post-petrolera, es esencial formular la pregunta: ¿Existe suficiente biomasa en el planeta para lograr la histórica transición a una economía que no dependa de combustibles fósiles?

A fines de la década de 1890, las necesidades energéticas de la humanidad se satisfacían con la materia vegetal. El consumo mundial de energía era de aproximadamente 600 gigawatts.[121] Hoy el consumo global de energía oscila entre 12 y 16 terawatts – unas 20 veces más que a fin de 1890. La demanda energética actual se satisface casi enteramente con combustibles fósiles. Un porcentaje mínimo se refiere a otras fuentes como la energía nuclear, la hidroeléctrica y la energía basada en la biomasa (alrededor de 1.5 terawatts).[122] Según el economista de energía del Instituto Tecnológico de Massachusetts, Daniel Nocera, el uso de energía global aumentará por lo menos 19 terawatts más para 2050.[123] Teóricamente, ese uso de la energía mundial podría cubrirse con biomasa. Cada año se agregan al planeta más de 100 mil millones de toneladas de carbono almacenado en 230 mil millones de toneladas de biomasa nueva, lo que representa unos 100 TW de energía solar.[124] Esto es aproximadamente 6 veces el consumo actual de energía de todo el mundo, o 3 a 4 veces el consumo global de energía proyectado para 2050.[125]

Sin embargo, la biomasa global no es de tan fácil acceso:

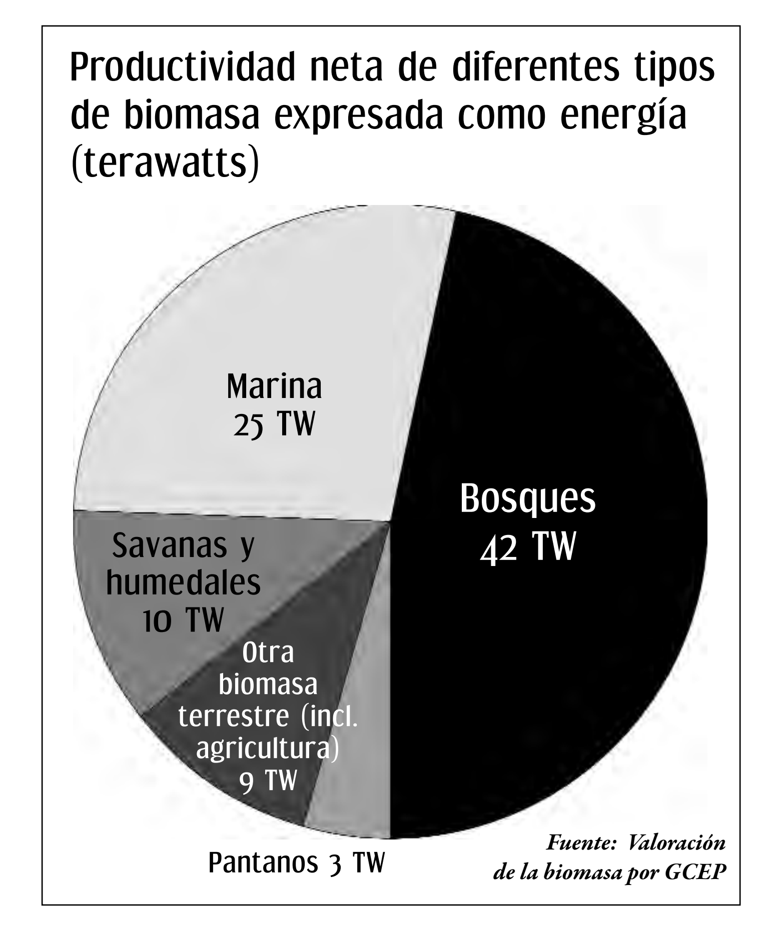
- Casi la mitad (100 mil millones de toneladas) de esa biomasa está en el océano, gran parte almacenada en microbios y algas a los que no es fácil acceder (por ejemplo, en lo profundo del mar y en los sedimentos).
- De los restantes 130 mil millones de toneladas de biomasa que crece en tierra, las sociedades humanas utilizan 31 200 millones de toneladas, (24 %) para alimentos, madera, fuego y otras necesidades humanas (esto es conocido como apropiación humana de la producción primaria neta, AHPPN).[126]
- Los restantes 98 800 millones de toneladas de biomasa anual planetaria están en el centro de las codicias: la ONU predice que la humanidad crecerá a 9 mil millones de personas para 2050. Esto significa más demanda de alimentos, más alimentación animal, fibra y tierra. Los economistas predicen que el uso de madera (por ejemplo para construcción) aumentará en 50-75 % para esa misma década.[127]

La industria papelera planea aumentar su capacidad de producción de pulpa en más de 25 millones de toneladas, un promedio de cinco millones de toneladas extra por año.[128] Como si fuera poco, la FAO predice que el uso de leña en África aumentará 34 % para 2020.[129]

- Además, como el cambio climático continúa dejando secuelas, nuevas tensiones en los ecosistemas boscosos y agrícolas podrían reducir severamente su productividad, mientras que el aumento de las temperaturas y los eventos más frecuentes de El Niño pondrán a la biomasa de los bosques frente a un mayor riesgo de incendios. Mientras tanto, el aumento de enfermedades y parásitos de los cultivos relacionados con el cambio climático, así como el impacto del aumento de dióxido de carbono en la atmósfera sobre el crecimiento de las plantas y las inundaciones, podría reducir aún más la producción de biomasa.
- Los estudios que miden la apropiación humana de la biomasa mundial concluyen que, en promedio, por cada tonelada de biomasa utilizada directamente por la sociedad humana, se pierden 5 toneladas más por los cambios en el uso de la tierra, el procesamiento y los residuos.[130] Para tener un panorama real del impacto que tendría sobre la biosfera el desarrollo de nuevos bioproductos, habría que multiplicar por seis o más la cantidad de materia prima de biomasa necesaria para cada uso que se le piensa dar. Puesto que la energía almacenada en la producción anual mundial de biomasa es aproximadamente un sexto de las actuales necesidades energéticas globales, cambiar totalmente a energía derivada de biomasa para sostener la civilización actual, requeriría consumir por completo la producción anual de biomasa de la Tierra.

Un estudio hecho a partir de 16 evaluaciones mundiales de disponibilidad de biomasa indica que : "En los escenarios más optimistas la bioenergía podría abastecer más del doble de la demanda actual de energía mundial, sin competir con la producción de alimentos, la protección de los bosques y la biodiversidad. En los escenarios menos favorables, sin embargo, la bioenergía podría satisfacer sólo una fracción del uso actual de energía, quizás incluso menos de lo que abastece hoy en día".[131]

Producción Primaria Neta: volumen anual de biomasa; el incremento total de biomasa (en su mayor parte vegetal, pero también animal, bacterial y de otro tipo) que produce el planeta en un año; representa alrededor de 230 mil millones de toneladas de materia viva.



Los ecosistemas están primero

¿Por qué existe una gama tan amplia de estimaciones del potencial de la biomasa para satisfacer las necesidades de energía? La breve respuesta es que algunos economistas de la energía simplemente no lograron ver el bosque por fijarse solo en los árboles. Las reservas de biomasa viva no pueden contarse de la misma manera que las reservas fosilizadas de petróleo y carbón. El valor económico de las plantas cosechadas como materia prima industrial para alimentos, forrajes, fibra, productos químicos y combustible debe considerarse solo después de medir el valor ecológico vital de las plantas vivas.

Los estudios de los sistemas de la Tierra, que intentan medir la salud y resiliencia actual de los ecosistemas y la biodiversidad, ofrecen claras advertencias. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005 concluyó que el 60 % de los ecosistemas del mundo están deteriorándose.[132] Por su parte, el "Índice Planeta Vivo", una medida de tendencias en la biodiversidad, basado en el rastreo de 1313 especies terrestres, marinas y de agua dulce, informa que entre 1970 y 2003 el índice cayó 30 %, lo que significa que los ecosistemas están en general en drástico deterioro.[133] La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha informado que, en total, casi el 40 % de las especies evaluadas corren peligro de extinción.[134]

Los índices actuales de extinción son ahora 1000 veces mayores que los típicos índices presentes a lo largo de la historia de la Tierra, y los cambios en los usos de la tierra, lo que incluye la deforestación y la expansión agrícola, se consideran como la causa principal. Mientras tanto, se estima que para 2050, por lo menos entre un 10 y 20 % más de los bosques y praderas que quedan se convertirán a usos humanos.[135] La ONU también estima que dos tercios de los países del mundo están afectados por la desertificación de los suelos, lo cual afecta más de 4 mil millones de hectáreas de tierras agrícolas, sustento de más de mil millones de personas.[136]

Especialmente elocuente es la métrica de otras medidas, por ejemplo la Huella Ecológica, creada por Global Footprint Network.[137] La Huella Ecológica mide el (sobre)uso humano de la capacidad biológica del planeta. El término "biocapacidad" refiere a la producción natural de biomasa derivada de las tierras de cultivo, los pastizales, los bosques o los sitios de pesca y la capacidad de absorber desechos generados por humanos. Usar en exceso la capacidad biológica lesiona los ecosistemas y los conduce al deterioro. Resulta que desde fines de la década de 1980 hemos estado en una situación de "sobregiro" con respecto al planeta,[138] dejando una huella industrial mayor que la capacidad biológica del planeta. De hecho, desde 2003 hemos llegado a un impactante sobregiro del 25 % "convirtiendo los recursos en desechos más rápidamente de lo que la naturaleza puede volver a convertir los desechos nuevamente en recursos".[139]

De continuar la actual trayectoria, para 2050 estaremos utilizando el doble de la biocapacidad de la Tierra – una propuesta insostenible.

"Los proyectos actuales para producir bioenergía masivamente están entre los ejemplos más lamentables de pensamiento ilusorio e ignorancia de las realidades y necesidades ecosistémicas. Quienes los promueven, o no conocen o ignoran deliberadamente algunos resultados fundamentales de los modernos estudios biosféricos".
– Profesor Vaclav Smil, Catedrático Benemérito de Medio Ambiente, Universidad de Manitoba[140]

¿La biomasa es realmente "renovable"?

A medida que los objetivos mundiales de energía renovable se satisfacen mayormente con paja (y otras formas de biomasa), grupos ambientales y comunidades afectadas por nuevas fábricas de procesamiento de biomasa han comenzado a presionar para que ésta sea eliminada de la definición de energía renovable, y con buenas razones. El uso de materia vegetal como fuente de energía difiere del uso de energía solar, eólica y de las mareas, que podrían calificarse como "fuentes de energía perpetua", pues su aprovechamiento no las merma. En cambio, los árboles, los cultivos y otras formas de vida vegetal pueden agotarse por exceso de apropiación. Y aún más importante, también pueden hacerlo los suelos en los cuales crecen, así como los ecosistemas de los cuales provienen.

Numerosos estudios demuestran que los cambios en el uso de la tierra y las prácticas de manejo de la tierra asociadas con la extracción de biomasa pueden debilitar y destruir ecosistemas y acuíferos, convirtiéndolos en no renovables. Quitar la cobertura vegetal de la tierra apresura la erosión del suelo y lo priva de nutrientes, mientras que las plantaciones o los monocultivos pueden agotar los acuíferos.

En abril de 2009, 25 grupos ambientales de Estados Unidos escribieron al Congreso afirmando que "la biomasa no debería ser considerada renovable porque la extracción de la biomasa, aún de 'residuos y desechos' de bosques, pastizales o suelos, agota los nutrientes y provoca una disminución de la fertilidad y la biodiversidad. Si bien es posible que los árboles y otras especies vegetales vuelvan a crecer, no es posible recrear ecosistemas saludables".[141]

Ilustración: Colectivo La Colmena

¿Límites planetarios a la extracción de biomasa?

A medida que aumenta la presión política de las industrias asociadas con la economía de la biomasa, los conservacionistas temen la catástrofe. Por ejemplo, en la Cuenca del Amazonas la expansión de caña de azúcar y soya (en parte para biocombustibles) está llevando la deforestación al punto en que teme una muerte paulatina en gran escala de los árboles de la región.[142] El posible impacto de una extinción de ese tipo en el Amazonas sería una catástrofe mundial, dada su función en la regulación de las lluvias y el clima en gran parte de América del Sur y en toda la región centro-occidental de Estados Unidos, llegando incluso hasta Sudáfrica.[143]

La amenaza de muerte de los bosques nos enseña que las medidas de las medidas de las funciones y biocapacidad de los ecosistemas ofrecen una figura incompleta de los límites reales para la extracción de biomasa y nos dan mirada lineal irreal de cómo funcionan los ecosistemas y cómo pueden colapsar. Al igual que la amenaza de una extinción progresiva en el Amazonas no puede medirse con un índice de "biocapacidad" mundial, también podría haber muchos más "umbrales críticos" que, una vez cruzados, podrían llevar a los ecosistemas al colapso, causando devastadores efectos no lineales. Tal vez nunca veamos esos umbrales críticos hasta que ya sea demasiado tarde.

En un intento por despertar conciencia sobre los catastróficos umbrales críticos, un grupo de científicos ambientales y del sistema terrestre, dirigidos por Johan Rockström, del Centro de Resiliencia de Estocolmo, publicaron en septiembre de 2009 un documento en la revista *Nature* que propuso establecer nueve "límites planetarios".[144] Se trata de una serie de umbrales fuera de los cuales los cambios en los procesos biofísicos podrían empujar a todo el planeta a un "cambio ambiental inaceptable". Los autores describieron esos límites como los bordes de un "espacio seguro para la humanidad", estableciendo que la interferencia humana en la biosfera debe permanecer dentro de esos límites si queremos conservar el planeta más o menos en el mismo estado estable y familiar que ha tenido en los últimos 10 mil años.

Según sus cálculos, por lo menos tres de los nueve límites planetarios que identificaron ya han sido atravesados. Si bien el documento Rockström no establece límites planetarios explícitos para la apropiación humana de la biomasa, parece cada vez más insostenible mantenerse dentro de varios de los límites identificados (tales como cambios en el uso de la tierra y exceso de uso del nitrógeno) dadas las futuras proyecciones de recolección y producción de biomasa.

¿No hay suficiente biomasa? Hagamos más…

Los nuevos amos de la biomasa saben bien que La Tierra no tiene la cantidad suficiente de existencias de biomasa como para hacer una transición segura a una bioeconomía. Algunos responden que el cambio a la biomasa es tan solo una medida temporal en el camino hacia una futura energía solar, o algo más renovable. En otras palabras, quedar en números rojos en el banco de la biomasa es como endeudarse por un préstamo puente. Otros proponen algo similar a la inflación – aumentar las cantidades de biomasa mundial, y en especial biomasa celulósica, por medios tecnológicos. Hacer esto introducirá nuevos riesgos y no es razonable creer que producir cantidades industriales de biomasa "extra" podría de alguna manera revertir la disminución de biodiversidad. Como señalan Almuth Ernsting y Deepak Rughani, de Biofuelwatch, la contradicción sigue siendo que "a pesar de la abrumadora evidencia de que la agricultura industrial y la forestación industrial están agotando rápidamente la biosfera, los suelos y las existencias de agua dulce en todo el mundo a un ritmo cada vez más acelerado, se propone que ambos pueden expandirse aún más para, de alguna manera, hacer a la biosfera 'más productiva' de lo que lo ha sido hasta ahora".[145]

A medida que se intensifica la búsqueda de biomasa, seguramente veremos más de las siguientes estrategias para "aumentarla":

Árboles manipulados genéticamente – Compañías biotecnológicas como Arborgen, Inc., con sede en Estados Unidos, promueven árboles de rápido crecimiento manipulados genéticamente para los nuevos mercados de la biomasa. En mayo de 2010 Arborgen recibió autorización para liberar al ambiente 260 mil plántulas de eucaliptos tolerantes al frío en nueve estados de Estados Unidos. Esto permite llevar especies de rápido crecimiento a latitudes más australes de lo que hubiera sido posible antes. Mientras, científicos de la Universidad de Purdue desarrollaron un álamo de rápido crecimiento con menor contenido de lignina; adujeron que será perfecto para la producción de biocombustible celulósico. Argumentan que cambiar la composición de lignina de los árboles podría aumentar el rendimiento anual de etanol obtenido del álamo, de 700 galones a 1000 galones por algo menos de media hectárea.[146] Irónicamente, eliminar la lignina de los árboles también parece reducir su capacidad de secuestro de carbono. Según un estudio, los árboles con bajo nivel de lignina acumularon 30 % menos carbono vegetal y 70 % menos carbono nuevo del suelo que los árboles no modificados.[147]

Cultivos de biomasa manipulados genéticamente – Si bien los fitomejoradores han intentado durante siglos aumentar el rendimiento, siempre trataron de lograrlo aumentando las semillas y los frutos de los cultivos alimenticios. Ahora, con la biomasa celulósica valorizándose más y más, las grandes empresas agoindustriales trabajan para aumentar la cantidad de tallos, hojas, cáscaras, vainas y otros componentes celulósicos de los cultivos agrícolas comunes. Por ejemplo, un conjunto de patentes presentadas por BASF revela métodos de manipulación genética del maíz y otros cultivos para aumentar su volumen de biomasa.[148] Esas mismas patentes también reclaman propiedad sobre la biomasa misma producida en maíz, soja, algodón, canola, arroz, trigo o caña de azúcar.

Rediseñando la fotosíntesis – Según algunos científicos, el proceso natural que convierte la luz del sol y el CO_2 en biomasa en la mayoría de las plantas es lento e ineficiente y puede acelerarse con una pizca de genética. Increíblemente, reducir la cantidad de clorofila de las hojas es uno de los métodos, porque la luz del sol pasa más a través de las hojas superiores para llegar a las de más abajo. Según New Scientist, frijoles de soja mutantes que contenían sólo la mitad de la clorofila produjeron 30 % más de biomasa en experimentos realizados.[150]

"Podemos volar mucho mejor que las aves. ¿Por qué no tratar de hacer una síntesis que convierta el dióxido de carbono y la luz del sol en energía mejor que la fotosíntesis de una hoja?"

– Dr. Michele Aresta, director del Consorcio Nacional de Italia sobre Catálisis[149]

Entre otros ardides que aún deben ser perfeccionados figura el de cambiar el tipo de fotosíntesis a un proceso que convierta más eficientemente el carbono en azúcar. Experimentos recientes realizados con arroz parecían funcionar en el laboratorio, pero no el campo. Sin embargo, el Instituto Internacional de Investigación del Arroz lanzó en 2008 una nueva iniciativa, financiada por la fundación Bill & Melinda Gates, para cambiar el mecanismo de la fotosíntesis del arroz. En noviembre de 2009, el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y el Trigo) presentó el Consorcio para aumentar el potencial de rendimiento del trigo, con miras a hacer lo mismo para el trigo.[151] Otros están alterando la fotosíntesis de otras maneras. Por ejemplo, científicos del Instituto J. Craig Venter han estado desarrollando variedades sintéticas de algas y bacterias que utilizan fotosíntesis para producir hidrógeno en lugar de carbono. Si bien este enfoque no obtiene mucha biomasa, de tener éxito podría dar un combustible altamente apreciado (y de precio alto) que cuando se quema sólo produce agua.[152]

Plantas Terminator – Según el experto de pasto transgénico, Albert Kausch, de la Universidad de Rhode Island, lograr esterilizar las plantas es un camino seguro para aumentar su biomasa. Las plantas estériles no utilizan su energía para producir flores y pueden utilizarla, en cambio, para producir más biomasa.

Ilustración: Colectivo la Colmena

¿Biomasa o biomasacre?

Replanteando la pregunta: ¿Existe suficiente biomasa en el planeta como para cambiar a una economía basada en la biomasa? La respuesta es rotundamente "No".

La alarmante noción del "sobregiro" de la biocapacidad de la Tierra, el rápido deterioro de los ecosistemas mundiales y la inminente amenaza de umbrales críticos catastróficos nos hablan de que establecer un "nivel aceptable" de extracción de biomasa es tan inapropiado como obligar a un paciente hemorrágico a donar sangre. El planeta ya está en lucha para poder mantenerse como sustento de vida y sencillamente no le sobra biomasa. Hasta que la civilización industrial no reduzca sustancialmente su actual huella ecológica seguiremos con números rojos en el banco de la biomasa y nos enterraremos más y más en la bancarrota ecológica y en un colapso del cual no habrá rescate posible.

Ése es por lo menos el argumento esgrimido en una solicitud de patente sobre plantas estériles para biocombustible, presentada por el Profesor Kausch.[153] La solicitud de patente no solamente reclama la propiedad de los métodos para aumentar la biomasa a través de la esterilización, sino sobre todas las plantas producidas, apropiándose así directamente de la propia biomasa. Kausch, quien trabaja para Vekon Energies de Alemania, también recibió 1.5 millones de dólares de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para financiar su trabajo sobre lo que él llama el proyecto del "pasto dorado".[154]

Cultivos climáticos – Otra opción para aumentar la biomasa global es equipar genéticamente a los cultivos de manera que crezcan en condiciones inhóspitas –por ejemplo en suelos salinos, pantanos o desiertos.
Los gigantes de los agronegocios están desarrollando y comercializando cultivos "resistentes al estrés abiótico" que pueden sobrevivir a los medios salobres, al anegamiento, la sequía o la falta de nitrógeno. Los venden como cultivos "aptos para el clima" porque teóricamente podrían adaptarse a cambios climatológicos rápidos. Sin embargo, esos cultivos podrían ser igualmente considerados aptos para la biomasa porque podrían hacer que tierras previamente "marginales" se volvieran productivas. El análisis del Grupo ETC descubrió hasta ahora 261 familias de patentes de cultivos aptos para el clima dominados por seis empresas (DuPont, BASF, Monsanto, Syngenta, Bayer y Dow y sus socios, principalmente Mendel Biotechnology y Evogene). Una vez más los reclamos de la patente van más allá de los métodos y abarcan la propia biomasa.[155]

Algas – Mientras que a un árbol le puede llevar décadas crecer y a los pastos y cultivos meses, las algas duplican su masa diariamente, lo que significa que aumentar la producción de algas es mucho más rápido que tratar de aumentar otras materias primas de biomasa. Las algas también pueden crecer en océanos, estanques, desiertos y humedales y por eso los promotores de la bioeconomía argumentan que las algas no compiten con la producción de alimentos. Esto no es del todo cierto porque la producción de algas compite por el agua, los nutrientes e incluso la tierra (ver más adelante una detallada discusión sobre las algas).

"No se busca la optimización de la producción de combustible para biomasa sino la optimización del uso de biomasa para la eliminación del carbono de la atmósfera".
– Stuart Strand, investigador de la Universidad de Washington[156]

Remendando el planeta: geoingeniería con biomasa

Las propuestas de incrementar la biomasa total o "mejorar" la fotosíntesis para absorber más carbono hablan de los intentos por rediseñar la producción primaria mundial más allá de los límites establecidos por la naturaleza. Las tecnologías para alterar el planeta a esa escala son conocidas como geoingeniería y se están volviendo famosas, especialmente en el contexto de la crisis climática. Mientras los proyectos de geoingeniería de mayor perfil proponen reducir la cantidad de sol en la atmósfera para enfriar el planeta, gobiernos y científicos están considerando entusiastamente una segunda clase de proyectos, clasificados como biogeoingeniería, enfocados en capturar o aumentar la producción de biomasa terrestre para secuestrar dióxido de carbono (CO_2).

Ilustración: Colectivo La Colmena

Geoingeniería: ingeniería a escala planetaria; manipulación intencional de los sistemas de la Tierra, especialmente, pero no necesariamente, con el intento de contrarrestar los efectos del cambio climático.

Irónicamente, el planeta seguramente ya respondió al incremento del carbono atmosférico aumentando la biomasa. "Entre 1982 y 1999, el 25 % de la superficie vegetal del planeta incrementó su productividad aproximadamente el 6 %",[157] explica Ramakrishna Nemani, especialista de la biosfera que trabaja en el Centro de Investigación Ames de la NASA. Sin embargo, es probable que existan límites a la producción de biomasa impuestos por el sol y el océano, la disponibilidad de agua, el calor y la luz del sol. Aún así, los biogeoingenieros proponen proyectos para acelerar el ciclo del carbono y para el crecimiento y secuestro de biomasa, no para energía o materiales de producción sino con el objetivo de manipular el clima.

Entre algunos de los ejemplos de biogeoingeniería figuran:

Vertederos de biomasa

Dos geoingenierios radicados en Estados Unidos proponen arrojar continuamente biomasa a las profundidades del océano, como la forma más eficiente de "borrar" CO_2 de la atmósfera. Los profesores Stuart Strand de la Universidad de Washington y Gregory Benford, de la Universidad de California-Irvine, dieron a su proyecto de biogeoingeniería el nombre de CROPS (por la sigla en inglés de Crop Residue Organic Permanent Secuestration, Secuestro permanente de residuos de cultivos en el océano) y calculan que si el 30 % de los residuos de los cultivos agrícolas mundiales (paja, hojas y rastrojos) fueran transportados al mar y vertidos en la profundidad del océano, anualmente se eliminarían 600 millones de toneladas de carbono de la atmósfera, reduciendo el carbono atmosférico en 15 %. Una propuesta implica enterrar el 30 % de los residuos agrícolas de Estados Unidos a cuatro metros de profundidad, en una superficie de 260 km2 del lecho del mar en el Golfo de México. "Lo que se ponga allí, allí quedará por miles de años", afirma Strand, argumentando que el fondo del mar es demasiado inhóspito como para que la biomasa se descomponga.[158] Algunos ecologistas marinos discrepan: "La profundidad del mar no es un lugar oscuro, frío, vacío y sin vida –está lleno de animales que han evolucionado para sacar provecho de cualquier alimento que ande a la deriva, terrestre o no. Por ejemplo, la madera que cae al fondo del mar termina siendo ingerida",[159] explica Miriam Goldstein, de la Institución Scripps de Oceanografía. Pero ya se empezaron a hacer ensayos de campo de vertido de biomasa en la costa de Monterrey, California, Estados Unidos.[160] Strand y Benford aducen que no hay restricciones legales que impidan verter material agrícola orgánico al mar.



Ilustración: Liz Snook

Fertilización oceánica (algas marinas)

Una forma diferente de verter material al océano con fines de geoingeniería propone volcar hierro, urea y otros nutrientes para estimular el crecimiento rápido de plancton (algas). La teoría de la fertilización del océano argumenta que el agregado de nutrientes al mar provocará un florecimiento masivo de plancton, que rápidamente absorberá CO_2 y luego se hundirá en el océano, secuestrando el carbono.[161] Que el hierro, el fosfato o la urea agregados al océano promueven el florecimiento de algas está demostrado tanto por experimentos internacionales de fertilización oceánica como por la existencia de vastas zonas oceánicas muertas donde los escurrimientos agrícola dan origen a las algas. Hay mucha más controversia sobre la supuesta permanencia en el fondo del mar del dióxido de carbono capturado por las algas. Los florecimientos artificiales de plancton parecen tener una estructura ecológica diferente a los florecimientos naturales, pueden dar lugar a especies peligrosas y provocar la liberación de potentes gases con efecto de invernadero, como el metano y el óxido nitroso.[162] También podrían provocar la desoxigenación del agua, asfixiando la diversidad biológica. Si bien en 2008 el Convenio sobre Diversidad Biológica declaró una moratoria de facto a las actividades de fertilización oceánica, empresas privadas como Climos, Ocean Nourishment Corporation (ONC) y Planktos Science todavía esperan lucrar con la fertilización de los océanos. Tanto ONC como Planktos Science están interesadas también en utilizar la biomasa resultante para otros usos (mayor población de peces y mayor cantidad de biocombustibles).

Energía de la biomasa con secuestro de carbono

Aunque a menudo la combustión de biomasa para electricidad se presenta (erróneamente) como "neutral en carbono", algunos impulsores de la biomasa anuncian que, con la aplicación de algún retoque tecnológico, el proceso podría llegar a ser incluso "negativo en carbono". Para lograr esto sugieren añadir tecnología de "captura y secuestro de carbono" a la combustión de biomasa o a las instalaciones de producción de biocombustible.[163] Si bien la captura y el almacenamiento de carbono todavía no existe y tal vez no exista nunca como una tecnología viable de comercializar debido a los grandes riesgos ambientales que implica, la idea de quitar químicamente el CO_2 de las chimeneas y luego enterrarlo bajo tierra en su forma líquida o sólida, está en el frente y el centro de las respuestas de la OCDE al cambio climático. Para los aspirantes a geoingenieros, las afirmaciones de que la bioenergía con almacenamiento de carbono suprime el carbono dos veces (una cuando la biomasa crece y otra vez cuando se almacena el CO_2) son muy atractivas. En una serie de ensayos sobre "manejo de las existencias de carbono biosférico", Peter Read, de la Universidad Massey de Nueva Zelanda, propuso plantar mil millones de hectáreas de árboles de rápido crecimiento para la generación de electricidad y captura de carbono como un proyecto de geoingeniería que podría restaurar la atmósfera bajándole los niveles de carbono.[164] Él y otros impulsores de la propuesta de obtener energía a partir de la biomasa con secuestro de carbono, también sugirieron que convertir la biomasa en carbón vegetal para luego enterrarla (biochar) podría enfriar el planeta si se llevara a cabo en una escala suficientemente grande.

La nueva economía de la biomasa: 10 mitos

1. Basar nuestra economía en la biomasa es natural: lo hemos hecho antes y es hora de que lo hagamos de nuevo.

El argumento: en el pasado nuestras economías han utilizado la biomasa como materia principal y, de hecho, las economías de numerosas sociedades tradicionales todavía subsisten en gran medida en función de la biomasa. Basar nuestras economías en materiales orgánicos y naturales proporcionados por los ecosistemas es una opción que está en armonía con los límites de lo que nos brinda la naturaleza.

La realidad: es deshonesto o ingenuo argumentar que las economías a pequeña escala basadas en la biodiversidad son ejemplos a seguir para la transformación a escala industrial de grandes cantidades de biomasa indiferenciada para el mercado mundial. En las últimas etapas en que la economía mundial funcionaba principalmente a base de materia vegetal (en la década de 1890), necesitaba una vigésima parte de la energía que consume actualmente. Incluso en ese entonces a los economistas les preocupaban las consecuencias que tendría sobre el uso de la tierra el hecho de mantener un abastecimiento suficiente de biomasa. No hay nada natural o sustentable en la extracción a escala industrial de madera o en las modernas plantaciones industriales de monocultivos. La historia ambiental nos enseña que cuando se sobreexplotan los recursos naturales, el resultado a menudo es un colapso de la civilización.

2. La biomasa es una fuente de energía neutral en carbono y es una solución al cambio climático.

El argumento: como el carbono liberado por la combustión de biomasa puede ser almacenado por las nuevas plantas que crecen, la utilización de biomasa para la obtención de energía no tiene emisiones netas de carbono a la atmósfera y por lo tanto no contribuye al calentamiento global antropogénico.

La realidad: la combustión de biomasa puede liberar cantidades de dióxido de carbono en las chimeneas o tubos de escape aún mayores que la combustión de recursos fósiles, porque el material vegetal tiene una densidad menor de energía. Los gases con efecto de invernadero liberados no se absorberán inmediatamente por las nuevas plantas que crezcan. En el caso de especies con un largo ciclo vital, en especial los árboles, la cantidad de carbono liberado no se absorberá lo suficientemente rápido como para impedir un aumento peligroso de las temperaturas globales. Además, la producción de energía o productos a partir de la biomasa implica aumentar otras fuentes de emisión de carbono, que pueden ser considerables, en especial las emisiones del suelo resultantes de los cambios en el uso de la tierra, las emisiones derivadas de las prácticas agrícolas – entre ellas la utilización de fertilizantes y plaguicidas basados en el uso de combustible fósil – y las emisiones derivadas de la cosecha, el procesamiento y el transporte de la biomasa.

3. La biomasa es un recurso renovable.

El argumento: la biomasa se compone de organismos vivos (o que alguna vez estuvieron vivos), en su mayor parte plantas, que pueden volver a crecer en un corto periodo, a diferencia de los recursos minerales que sólo pueden ser reemplazados en periodos geológicos. La economía de la biomasa, por lo tanto, es una economía con carácter de "estado continuo".

La realidad: si bien las plantas pueden ser renovables en un corto plazo, puede que no ocurra lo mismo con los suelos y ecosistemas de los que dependen. La agricultura industrial y la extracción de biomasa forestal le roba al suelo nutrientes, materia orgánica, agua y estructura, decreciendo su fertilidad y dejando a los ecosistemas más vulnerables o incluso propensos a colapsar. El uso asociado de productos químicos industriales y el manejo deficiente de la tierra pueden empeorar las cosas. En la práctica, por lo tanto, la biomasa es verdaderamente renovable sólo cuando se extrae en tan pequeñas cantidades que no resultan de interés para la industria.

4. Hay biomasa suficiente, especialmente biomasa celulósica, para reemplazar el carbono fosilizado.

El argumento: nuestro planeta tiene abundante producción anual de árboles, plantas, algas, pastizales y otras fuentes celulósicas que a menudo crecen en tierras improductivas y marginales y están disponibles para ser transformadas en combustibles, productos químicos y otros materiales. La producción primaria neta de la Tierra es de cinco a seis veces mayor de lo que se necesitaría para alimentar toda la economía basada en energía derivada de la biomasa.

La Realidad: lejos de tener suficiente biomasa para abastecer una economía basada en la biomasa, ya estamos excesivamente sobregirados en el "banco" de la biomasa. Los seres humanos usamos en estos momentos un cuarto de la producción primaria neta basada en la tierra para alimentos, calor y abrigo. Los intentos de definir un límite para el uso humano de los recursos naturales más allá del cual los ecosistemas perderían resiliencia y comenzarían a colapsar revela que hace veinte años que consumimos más allá de esos límites y ahora estamos en un grave "sobregiro".

5. Con el tiempo podemos aumentar las existencias de biomasa.

El argumento: a diferencia de los depósitos fósiles y minerales, que son finitos, es posible aumentar las existencias generales de biomasa manejando cuidadosamente las tierras improductivas, usando más insumos fertilizantes o a través de ingeniería genética de plantas y algas para aumentar las existencias. De esta forma, una economía basada en la biomasa no tiene las mismas limitaciones de escasez que las economías basadas en combustibles fósiles.

La realidad: la producción mundial de biomasa ya está en niveles históricamente altos y hay límites para la cantidad de biomasa que el planeta puede producir. Esos límites están dictados por la disponibilidad de agua, ciertos minerales y fertilizantes y la salud de los ecosistemas. Las escasez mundial de fosfato, por ejemplo, tal vez no reciba tanta atención como el pico petrolero, pero será una rémora para los intentos de impulsar artificialmente las existencias de biomasa. Tampoco hay demasiada tierra "improductiva". En una observación más minuciosa, esas tierras alojan sistemas agrícolas o de caza y recolección que alimentan a la mayoría de los pobres del mundo. Presionar a la tierra para obtener mejores resultados pueden destruir completamente la fertilidad del suelo.



Origami: Elkosi

6. Los combustibles y productos químicos celulósicos resuelven el dilema "alimentos vs. combustible".

El argumento: si bien utilizar el trigo, la canola y la palma como materia prima de la biomasa puede competir directamente con el uso de estos cultivos para alimento y provocar un aumento de los precios de los alimentos, utilizar la porción celulósica de los cultivos no incide y convierte a los materiales de desecho (como cáscaras y rastrojos) en una segunda fuente de ingresos valiosa para los agricultores. Mientras tanto, es posible obtener astillas, pastos celulósicos y otros cultivos energéticos de tierras que no son utilizadas para la producción de alimentos, favoreciendo a la economía rural a la vez protegiendo la seguridad alimentaria.

La realidad: si bien tal vez no comamos las partes celulósicas de las plantas, ellas ofrecen un servicio valioso devolviendo nutrientes, estructura y fertilidad a los suelos agrícolas. La eliminación de esos "desechos agrícolas" en el escenario imaginado seguramente provocará una disminución de las cosechas, un aumento drástico del uso de fertilizantes sintéticos, o ambas cosas. Tampoco es cierto que los cultivos y plantaciones celulósicos no compitan con los cultivos alimenticios por el uso de la tierra. Somos testigos de cómo tierras que actualmente brindan alimento a los pobres y a los pueblos marginados están siendo convertidas en cultivos bioenergéticos. Esa tendencia seguramente se intensificará si mejora el valor económico de los cultivos celulósicos. Por si fuera poco, los cultivos celulósicos también compiten con los cultivos alimenticios por agua y nutrientes.

7. Los plásticos y productos químicos basados en la biomasa son más benignos para el ambiente que los productos químicos basados en combustible fósil.

El argumento: como los componentes básicos de los productos químicos y plásticos derivados de la biomasa son almidones y azúcares en lugar de minerales fósiles, es más fácil diseñar productos químicos ecológicos y bioplásticos que se degradan en sus partes constituyentes y no tienen la toxicidad de los productos químicos y polímeros derivados de combustibles fósiles.

La realidad: en algunos casos los plásticos y químicos derivados de la biomasa pueden diseñarse para ser menos tóxicos y persistentes en el ambiente, pero esa no es la tendencia. El polímero propanediol (también conocido como Sorona) de DuPont, un plástico biológico comercial de vanguardia, convierte 150 mil toneladas de alimento biodegradable (maíz) en 45 mil toneladas de plásticos no degradables. Y es que las empresas buscan producir sustitutos de sus compuestos extremadamente tóxicos, como el PVC, pero a partir de azúcares de biomasa en lugar de hidrocarburos. En la medida en que la industria química invierte más recursos en la producción de base biológica, muchos de los mismos compuestos tóxicos que se encuentran en el mercado serán producidos a partir de un carbono nuevo (plantas) en lugar del carbono fosilizado (petróleo).



Fotomontaje: Karl Adam

8. La biomasa es buena para la economía mundial; promueve el desarrollo económico en el Sur y crea "puestos de trabajo verdes" en el Norte.

El argumento: a medida que las industrias de "energía verde" se consoliden en todo el mundo generarán puestos de trabajo especializados, de alta tecnología, que también son amigables para el ambiente. Nuevos trabajos en el sector manufacturero que utilicen procesos basados en material biológico califican como "trabajos verdes", ofreciendo oportunidades de empleo a la vez de reformar industrias contaminantes. La fabricación de biomasa también ofrece la posibilidad de impulsar a las economías rurales y del Sur, que pueden destinar tierra para lucrativos cultivos y plantaciones de biomasa y pueden construir instalaciones biomanufactureras cercanas a grandes fuentes de celulosa y de otro tipo de biomasa. La bioenergía también puede ofrecer dinero extra para el desarrollo en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

La realidad: las tecnologías de la biomasa están en gran medida sujetas a patentes y otras reivindicaciones de propiedad privada, y los intentos de los países por desarrollar industrias manufactureras basadas en la biodiversidad quedarán sujetas a las regalías y/o las tarifas de los derechos de licencia. La agricultura y las plantaciones industriales ya son controladas por un grupo de empresas transnacionales. Además, no hay razón para creer que las biorrefinerías y las plantaciones de cultivos energéticos en régimen de monocultivo sean "verdes" o seguros para los trabajadores. Además de los efectos perjudiciales para los seres humanos y el ambiente de los insumos químicos y las técnicas de producción en monocultivo, los organismos sintéticos también pueden resultar dañinos para el ambiente y ser riesgosos para la salud de los trabajadores. La experiencia de Brasil sirve como advertencia para el mundo real: los cortadores de caña de azúcar para bioenergía (actualmente etanol) están expuestos a niveles altísimos de agroquímicos y a la peligrosa contaminación aérea. Lejos de ayudar a las comunidades marginales, las nuevas plantaciones para bioenergía, acreditadas por el MDL y otros mecanismos, pueden ocupar las tierras de campesinos y pequeños productores usurpándoles el control sobre la producción de alimentos, el agua y la salud de los ecosistemas en los cuales viven.

9. Una economía de la biomasa reduce la inestabilidad política/guerras/terrorismo asociados con los petrodólares.

El argumento: las guerras por el petróleo, el gas natural y otros recursos fósiles han sido un rasgo dominante del pasado siglo veinte y principios del veintiuno. Las abultadas ganancias de la extracción de petróleo en el Medio Oriente y otros lugares han alentado indirectamente a grupos extremistas y alimentado tensiones geopolíticas. Las compañías petroleras han ignorado los derechos humanos y reivindicaciones territoriales de comunidades indígenas y tradicionales en su carrera por el control de las zonas petrolíferas y gasíferas que quedan. A diferencia de los recursos fósiles, la biomasa está distribuida de manera más pareja en el planeta y permitiría a las economías industriales lograr independencia energética, cortando el flujo de efectivo a regiones inestables del planeta.

La realidad: eliminar los hidrocarburos fósiles de la serie de fuentes energéticas del mundo (aún si fuera posible o probable) no resolvería mágicamente las tensiones geopolíticas. Al igual que los recursos fósiles, la biomasa también está distribuida de manera dispareja en todo el planeta y ya hay una rebatiña por la apropiación y control de la tierra, el agua y los minerales estratégicos, así como por la propiedad intelectual, que habilitará la nueva economía de la biomasa. Las luchas por los escasos recursos de agua dulce y por los océanos y desiertos pueden hacerse más comunes, en especial a medida que maduren las tecnologías de biomasa de las algas. El agronegocio, las empresas forestales y la industria azucarera no son más respetuosas de los derechos humanos y las reivindicaciones de soberanía de lo que han sido las grandes petroleras: para las comunidades que luchan contra las plantaciones celulósicas, el acaparamiento de tierras, el robo del agua o la tala ilegal, las guerras por la biomasa ya comenzaron.

10. Las tecnologías de la biomasa necesitan apoyo como paso transitorio a una nueva combinación de fuentes de energía, entre ellas la nuclear, la eólica, el "carbón limpio", etc.

El argumento: como sociedad mundial debemos cambiar la forma en que producimos energía, de frente a los enormes desafíos que tenemos al respecto. Sin embargo, es demasiado temprano para saber cómo será la nueva combinación de energías que nos funcione, en la medida que las tecnologías que las harían posible todavía no existen. Si bien la biomasa podría jugar un papel pequeño en la nueva economía de la energía, su ventaja es que puede desplegarse rápidamente como recurso transitorio, mientras damos el paso a soluciones de más largo plazo que no se han desarrollado o necesitan más tiempo para llevarse a la práctica, como la energía del hidrógeno, la fusión nuclear y el "carbón limpio". Entonces, es imperativo desarrollar las tecnologías de la biomasa para aumentar el rango de opciones disponibles.

La realidad: la sociedad mundial enfrenta una crisis estructural no simplemente con respecto a la energía sino una serie de crisis convergentes entre las que están el exceso de producción y consumo de recursos. Comparar el valor de una economía basada en la biomasa con otros modelos de producción injustos, como la energía nuclear o la captura y el almacenamiento de carbono, es equivocado. La reducción en el consumo de energía es políticamente más difícil de digerir, pero es ecológicamente imprescindible. Apoyar a la agricultura campesina descentralizada, que no fomenta el cambio climático y garantiza la soberanía alimentaria, es otra forma de resolver nuestra crisis mundial.

Segunda parte: Las herramientas y los jugadores



En una fábula apropiada para la bioeconomía de hoy, el enano Rumpelstilskin cobró un precio muy alto (el primogénito de la hilandera) por su tecnología para convertir la paja en oro hilándola con una rueca. Ilustración de Rumpelstiltskin de Household Stories de los Hermanos Grimm, 1886

La nueva bioalquimia
Pertrechándose para el asalto

Los sueños de transformar biomasa barata en valiosas materias primas no son nuevos. En un cuento del folclore alemán recogido en el siglo XIX, un enano llamado Rumpelstiltskin convirtió la paja en oro hilándola con una rueca. Rumpelstiltskin era, en parte, una caricatura de los alquimistas (alquimia significa "transformación") de esa época que buscaban convertir materiales naturales básicos en productos de alto valor. En efecto, toda una rama de la alquimia, la espagiria, se dedicaba a transformar la materia vegetal para fines más elevados.[165] Algunas de las búsquedas centrales de la alquimia, como la de encontrar una panacea y crear un solvente universal que reduciría toda la materia a sus partes constituyentes, tiene eco hoy en los esfuerzos por desarrollar celulasas de las plantas (enzimas que degradan la celulosa) y transformar la paja en combustibles y materiales celulósicos. Hay cuatro plataformas amplias para transformar la biomasa.



Combustión

La forma más fácil de obtener valor de un montón de biomasa es acercarle un fósforo: la combustión es la manera de obtener la máxima energía de la biomasa. Algunos ejemplos de técnicas de combustión son la combustión abierta (combustión con oxígeno), la pirólisis (combustión sin oxígeno), la gasificación de la biomasa (combustión a temperaturas muy elevadas con cantidades controladas de oxígeno) y la gasificación por arco de plasma (calentar la biomasa con una corriente eléctrica de alto voltaje).



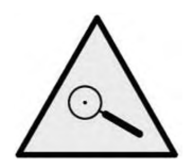
Química

De la misma forma que los químicos petroleros han perfeccionado el "craqueo" de complejas moléculas de hidrocarburo en moléculas más simples utilizando calor, presión y catalizadores ácidos, es posible utilizar técnicas similares para degradar carbohidratos en biomasa para la transformación en sustancias de química fina, polímeros y otros materiales. Técnicas termoquímicas (como el proceso Fischer-Tropsch) transforman el material lignocelulósico en hidrocarburos. La extracción de proteínas y aminoácidos produce compuestos valiosos. Algunas técnicas de fermentación, a veces combinadas con ingeniería genética y biología sintética (ver más abajo) también pueden producir proteínas que pueden ser refinadas en plásticos, combustibles y productos químicos.



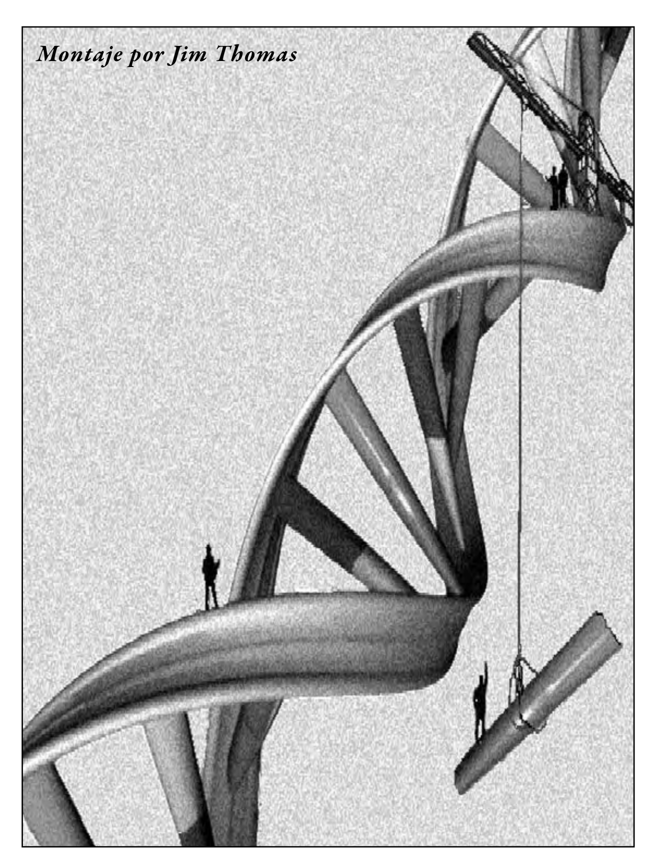
Biotecnología / Ingeniería genética

Durante miles de años se ha utilizado tanto la fermentación de azúcares vegetales para convertirlos en alcoholes como el fitomejoramiento tradicional. Ahora se han introducido nuevas tecnologías genéticas que son la causa de gran parte del entusiasmo industrial por la biomasa. Algunas de ellas son los nuevos enfoques de la ingeniería genética (ADN recombinante) para modificar plantas de manera que expresen más celulosa o puedan degradarse más rápidamente para la fermentación o para crecer en suelos y condiciones climáticas menos favorables. Más recientemente, la biología sintética (ver más abajo) permite el desarrollo de organismos nuevos que o bien son más eficientes en la captación de la luz solar o el nitrógeno, o bien pueden generar más enzimas totalmente nuevas (proteínas biológicamente activas). Esas enzimas son utilizadas para llevar a cabo reacciones químicas o producir nuevos compuestos a partir de material vegetal.



Nanotecnología

La nanotecnología hace referencia a una serie de técnicas que utilizan y manipulan las propiedades inusuales que exhiben las sustancias cuando están a la escala de átomos y moléculas (aproximadamente por debajo de 300 nanómetros). Hay creciente interés de parte de la industria por transformar estructuras a nanoescala encontradas en la biomasa para nuevos usos industriales. Los investigadores están interesados en la nanocelulosa como una nueva materia prima, sacando ventaja de la larga estructura fibrosa de la celulosa para construir nuevos polímeros, materiales "inteligentes", nanosensores o incluso productos electrónicos. La investigación en la nanobiotecnología apunta a modificar las propiedades a escala nanométrica de la madera viva y de otras fuentes de biomasa para alterar su material o propiedades productoras de energía.



Montaje por Jim Thomas

La idea es que los microorganismos en las contenedores de fermentación transformarán la biomasa en una gama más amplia de productos químicos, plásticos, combustibles, productos farmacéuticos y otros componentes de alto valor. La biología sintética se refiere a un conjunto de técnicas de "ingeniería genética extrema", que implican construir sistemas genéticos nuevos utilizando principios de ingeniería y ADN sintético.[167] La biología sintética difiere de las técnicas "transgénicas" que "cortan y pegan" secuencias de ADN presentes en la naturaleza, de un organismo a otro para cambiar la conducta de determinado organismo (por ejemplo, se insertan genes bacteriales en el maíz o genes humanos en el arroz).[168] Los biólogos sintéticos construyen ADN de cero utilizando una máquina llamada sintetizador de ADN, que puede "imprimir" el ADN según se lo diseñe. De esta manera pueden alterar radicalmente la información codificada en el ADN, creando instrucciones genéticas totalmente nuevas e iniciando una serie de complejas reacciones químicas dentro de la célula, conocidas como vía metabólica. En efecto, las nuevas hebras sintéticas de ADN "secuestran" la maquinaria de la célula para producir sustancias que no se producen de manera natural.

Los biólogos sintéticos dicen que pueden incidir en la programación de células simples como levaduras y bacterias para que se comporten como fábricas. En los últimos cinco años, la biología sintética ha pasado de ser una ciencia "marginal" – híbrido de ingeniería y programas de computación, en lugar de una disciplina separada de la biología – para convertirse en un sector de gran interés e inversión industrial.



Biología sintética - la innovación para la biomasa

Las áreas de más rápido crecimiento en la economía de la biomasa, como la producción de bioelectricidad, usan tecnología de bajo impacto, en contraste con los desarrollos que propone por ejemplo la biología sintética, que promete expandir las posibilidades comerciales de la biomasa, acelerando su acaparamiento mundial. La biología sintética es una industria que crea "organismos de diseño" para actuar como "fábricas vivas".

"En los próximos 20 años, la genómica sintética se convertirá en la norma para hacer todo. La industria química dependerá de ella. Una gran parte de la industria energética dependerá de ella".
– J. Craig Venter, fundador de Synthetic Genomics, Inc.[166]

Organismo sintético: forma de vida fabricada por una máquina; un organismo vivo (generalmente levadura o bacteria) al cual se le agregaron hebras de ADN construidas por una máquina llamada sintetizador de ADN utilizando las técnicas de la biología sintética.

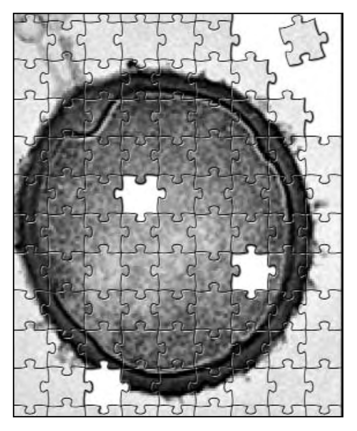
Biología sintética: impredecible, no probada y poco conocida

"Si se construye un microorganismo sintético combinando...elementos genéticos en una forma nueva, carecerá de un linaje genético claro y podría tener 'propiedades nuevas' que resulten de las complejas interacciones de sus genes constituyentes. En consecuencia, los riesgos que acompañan a la liberación accidental del laboratorio de un organismo de ese tipo serían muy difíciles de evaluar por adelantado, incluso su posible propagación en nuevos nichos ecológicos y la evolución de características nuevas y potencialmente perniciosas".
– Jonathan B. Tucker y Raymond Zilinskas, "The Promise and Perils of Synthetic Biology"[169]

Para los observadores de la sociedad civil lo más inquietante de la biología sintética no es que presuma de poder hacer una nueva versión de partes de la vida sino lo rápido que se está comercializando sin supervisión alguna. Los organismos construidos artificialmente ya se emplean en la producción de miles de toneladas de biocombustibles y productos químicos derivados de material biológico, mucho antes de haber investigado o discutido su seguridad y eficacia o los conceptos que subyacen en las técnicas implicadas.

Por ejemplo, los biólogos sintéticos actúan sobre el supuesto de que el ADN – molécula de azúcar formada por cuatro tipos de compuestos químicos organizados en una secuencia única – forma un código que instruye a un organismo vivo cómo crecer, funcionar y comportarse. Al reescribir ese código aducen que pueden programar formas de vida al igual que se programa una computadora. Esos supuestos se basan en un modelo de sistemas genéticos que tiene 50 años de antigüedad, conocido como el "dogma central" de la genética. Sin embargo, la exactitud de ese dogma se vuelve cada vez menos segura.

Nuevas investigaciones en la ciencia genética, especialmente en los campos de la teoría de los sistemas de desarrollo y la epigenética, cuestionan la prominencia que se ha dado al código del ADN. Los teóricos de los sistemas de desarrollo señalan que todas las formas de los elementos complejos, tanto dentro como fuera de una célula viva, influyen en la manera en que un organismo vivo se desarrolla, y esto no puede determinarse a priori enfocándose exclusivamente en el código del ADN.[170] Los especialistas en epigenética (que estudia los factores no genéticos del desarrollo de un organismo) argumentan que hay componentes más sutiles, como los productos químicos orgánicos que envuelven el ADN (conocidos como grupos metiles), que pueden tener un efecto tan grande en la forma en que evoluciona un organismo como el que tiene el ADN. También pueden tenerlo factores ambientales como el estrés y el clima.


Montaje: Jim Thomas, a partir de una foto de A. J. Can

En efecto, los biólogos sintéticos a menudo informan que sus programas de ADN cuidadosamente diseñados, que funcionan perfectamente en una computadora (in silico), no funcionan en organismos vivos sintéticos o tienen efectos secundarios inesperados en la conducta de un organismo.[171] Resulta que la biología es engorrosa. Aplicar estándares y el rigor de la ingeniería al mundo biológico es interesante desde el punto de vista teórico, pero puede no ser adecuado para sistemas vivos. "Los ingenieros pueden venir y reprogramar esto y lo otro. Pero los sistemas biológicos no son sencillos", explica Eckard Wimmer, un "biólogo sintético" de la Universidad Estatal de Nueva York en Stonybrook. Y agrega que "los ingenieros descubrirán que las bacterias se ríen de ellos".[172] Tal como admite otro "biólogo sintético", James Collins, de la Universidad de Boston: "Si su conocimiento es incompleto, se llevará algunas sorpresas".[173]

La posibilidad de que surjan comportamientos inesperados hace aún más sorprendente que no exista una metodología para controlar las consecuencias sobre la salud o la seguridad ambiental de un nuevo organismo sintético. Los mecanismos reguladores existentes para evaluar la seguridad de organismos transgénicos "convencionales" se basan en una idea controvertida conocida como "equivalencia sustancial",[174] que hace una estimación lo más aproximada posible de cómo podría comportarse la combinación de genes insertados y el organismo receptor. Sin embargo, la equivalencia sustancial es totalmente inapropiada para evaluar organismos construidos en laboratorio: los biólogos sintéticos no se limitan a mover discretas secuencias genéticas entre especies; regularmente insertan secuencias construidas de ADN tomadas de varios organismos diferentes. También suelen incluir secciones de ADN que nunca antes habían existido en la naturaleza, a las que se les provocó la mutación utilizando una técnica de laboratorio llamada "evolución dirigida" o diseñada, que utiliza un programa de computación y posteriormente una máquina de síntesis de ADN, que lo construye a partir de cero. Por ejemplo, la levadura sintética diseñada por Amyris Biotechnologies, que está a punto de ser utilizada comercialmente a gran escala en Brasil, tiene ADN adicional construido a partir de 12 genes sintéticos tomados en su mayor parte de plantas, pero todo levemente alterado para trabajar en determinado microbio.[175]

En el futuro, esos organismos podrían construirse a partir de cientos de fuentes diferentes. Como señaló un grupo de biólogos sintéticos en 2007, "continúa incierta la evaluación, para fines de seguridad biológica, de ese tipo de construcciones". [176]

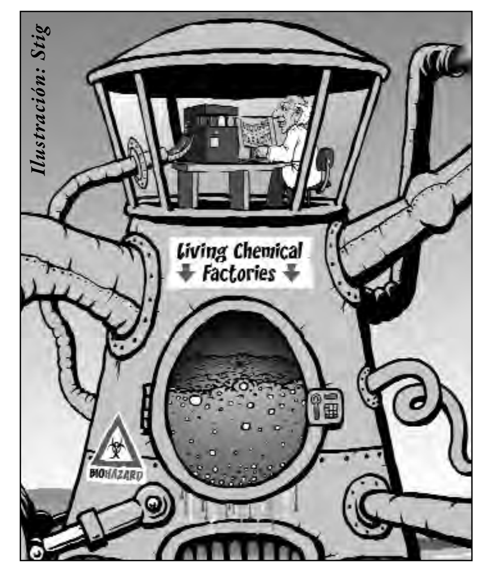


Ilustración: Stig

Incluso organismos sintéticos mucho más simples presentan perspectivas "turbias" para la evaluación de la seguridad. "Debido a la falta de evidencia empírica, el inventor de un microorganismo sintético no podría predecir con cierto grado de seguridad los efectos de su liberación en la salud humana y el ambiente", expresan los biólogos Jonathan Tucker y Raymon Zilinskas, del Instituto Monterrey de Estudios Internacionales. "Aun cuando se conociera la fuente de todas las partes de un microorganismo sintético, y se comprendieran todos los nuevos circuitos genéticos, sería difícil predecir si el organismo tendría alguna 'propiedad novedosa' inesperada".[177] Por ejemplo, incluso si las secuencias genéticas añadidas a un organismo no se consideraran patógenas, igual cabría la posibilidad de que se hicieran patógenas ya insertadas dentro del organismo sintético. Michael Rodemeyer, antiguo encargado de regulación ambiental en Estados Unidos, señaló en una reseña sobre los aspectos de seguridad de la biología sintética, que la ingeniería genética ha provocado riesgos inesperados a la salud, tal es el caso de un virus transgénico de la viruela del ratón, que se esperaba esterilizaría a los ratones, pero en vez de ello creó una cepa súper maligna de la viruela.[178] También se corren riesgos ecológicos considerables en el caso de la liberación de organismos sintéticos (por ejemplo cultivos y algas), ya sea deliberada o accidental en las biorrefinerías. Puesto que las especies que usualmente se modifican (algas, *E. coli* y levaduras) son muy comunes en el ambiente, existe la posibilidad de que se crucen con especies naturales y se produzca una contaminación de las comunidades microbianas en el suelo, los mares y los animales, incluidos los humanos. Los microbios se propagan y mutan rápidamente, y también se mueven a través del suelo, los cursos de agua y otras rutas, así que podría ser especialmente difícil rastrear los escapes. Los biólogos sintéticos sostienen que sus creaciones en el laboratorio son demasiado débiles para sobrevivir fuera de las condiciones óptimas en las que fueron desarrolladas; sin embargo ya se ha demostrado lo contrario.

Cuando en la década de 1990 se aprobó por primera vez la liberación de cultivos transgénicos como el maíz, el algodón y la soja, las compañías de biotecnología también aseguraron a los reguladores que serían demasiado débiles para cruzarse con los cultivos convencionales. Dos décadas después, gran parte de los cultivos de maíz, canola y algodón del mundo se han contaminado de genes manipulados debido a la mezcla de semillas y la polinización cruzada.

Organismos sintéticos como biofábricas

"La biología sintética producirá organismos con múltiples rasgos de una variedad enorme de organismos, por lo que será difícil predecir sus propiedades".
– Opinión de la Comisión Europea sobre la ética de la biología sintética[179]

La industria ya aprovecha rutinariamente las levaduras naturales para convertirlas en diminutas biofábricas. Por ejemplo, transforman el azúcar de la caña en etanol, o el trigo en cerveza. Sin embargo, al alterar la levadura (u otros microbios), la misma azúcar puede ser convertida en productos nuevos, dependiendo de cómo se ha "programado" la información genética de la levadura. Miles de millones de microbios sintéticos contenidos en una sola cuba industrial pueden ingerir azúcar y excretar combustibles de hidrocarburos con las propiedades de la gasolina (en lugar del etanol usual). Los mismos microbios, si son programados de manera diferente, podrían excretar un polímero, un producto químico para hacer caucho sintético o un producto farmacéutico. En efecto, el microbio se ha convertido en una plataforma de producción para distintos compuestos químicos. "Los ingenieros químicos son buenos para integrar muchas piezas y hacer una planta química a gran escala, y eso es lo que estamos haciendo en la ingeniería biológica moderna. Estamos tomando cantidad de piezas genéticas pequeñas y poniéndolas juntas para hacer todo un sistema", explica el pionero de la biología sintética, Jay Keasling, del Instituto de Bioenergía del Departamento de Energía de los Estados Unidos. "En realidad, estamos diseñando la célula para que sea una fábrica química. Estamos construyendo las modernas fábricas químicas del futuro".[180] David Roberts, quien escribe para *Grist*, describe la biología sintética más sucintamente: "...los microbios manipulados genéticamente comerán azúcar y cagarán petróleo".[181]

Enzimas sintéticas para celulosa

Los “biólogos sintéticos” también están creando las herramientas que harán de la celulosa un azúcar con infinidad de usos industriales. Compañías de enzimas como DSM, Verenium, Genencor, Codexis y Novozymes desarrollan microbios alterados sintéticamente para producir poderosas enzimas nuevas (proteínas químicamente reactivas) conocidas como celulasas, que degradan el entramado molecular de la lignocelulosa en azúcares de celulosa más simples.[182] Hasta hace poco eran necesarios procesos que usaban muchísima energía para liberar la celulosa de la biomasa para su posterior fermentación.

Otras empresas, como Mascoma y LS9, intentan construir micro organismos de “doble función”, que degraden la biomasa en azúcares disponibles y luego fermenten esos azúcares en combustibles (en el caso Mascoma ese combustible es el etanol; para LS9 su E.coli sintético puede convertir la celulosa en una variedad de productos químicos, combustible diesel entre ellos).[183] Christopher Voigt, un biólogo de la Universidad de California, San Francisco, ha llegado más lejos en el desarrollo de un método de “materia prima flexible” llamado Bio-MeX, en el cual los microbios sintéticos (que contienen 89 partes genéticas nuevas) pueden degradar pasto, rastrojos de maíz, bagazo de caña de azúcar o astillas de álamo no procesados y fermentarlos directamente en una serie de productos químicos conocidos como metilhaluros. Los metilhaluros se usan generalmente como fumigantes agrícolas pero también son moléculas precursoras que pueden ser convertidas en otros productos químicos y combustibles como la gasolina.[184]

“Una característica de la industrial actual es que si se construye una planta de maíz-para-etanol, el maíz es la única materia prima y el etanol es el único producto”, explica Voigt. “No se puede cambiar de golpe. Tomamos la cuestión de la materia prima y el producto por separado”.[185]

Plantas sintéticas – Cambiando la materia prima

Un grupo de empresas también está comenzando a agregar secuencias de ADN sintético para manipular plantas de manera que tengan un desempeño más eficiente como materia prima para la bioeconomía. Un ejemplo es el maíz alfa amilasa de Syngenta, que incorpora secuencias sintéticas manipuladas por Verenium (ahora propiedad de BP). Esas secuencias inducen al maíz a producir una enzima que degrada rápidamente los tallos del maíz en celulosa para producir biocombustibles celulósicos.[188]

Trituradores de celulosa y fermentadores de combustibles ¿sueltos?

Gran parte del trabajo comercial actual en biología sintética implica desarrollar microbios que puedan digerir la biomasa celulósica en azúcares más simples o convertir la celulosa y otros azúcares en plásticos, combustibles y productos químicos. Si esos organismos escaparan de la cuba de fermentación y sobrevivieran en el ambiente natural, habría que alarmarse. Si las cepas fugadas resultan capaces de degradar la celulosa y otros azúcares presentes en el ambiente y los fermentan en productos industriales in situ, estamos hablando de serios riesgos para el ambiente y la salud.

Hay antecedentes: en 1999, la especialista en suelos Elaine Ingham, de la Universidad de Oregon, y el estudiante Michael Colmes informaron sobre experimentos realizados con una bacteria del suelo manipulada genéticamente llamada *Klebsiella planticola*. Una compañía biotecnológica europea había alterado la bacteria para fermentar la paja celulósica del trigo en etanol y estaba preparando su utilización comercial. Ingham y Colmes agregaron la bacteria transgénica a diferentes muestras de suelo y descubrieron que la bacteria se alimentaba de residuos celulósicos en el suelo para producir etanol, que a su vez envenenó y mató plantas que estaban creciendo. En ese momento la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos estaba considerando la posibilidad de añadir residuos de sedimentos del uso de la *Klebsiella planticola* transgénica a los campos.[186]

El caso tiene importancia para demostrar que los organismos sintéticos en biorrefinerías comerciales también producirán desechos que deberán ser eliminados. Además, actualmente no se espera que esas biorrefinerías apliquen procedimientos de bioseguridad muy rigurosos, actuando más como fábricas industriales de fermentación que como laboratorios de alta tecnología. Las evidencias de la industria de elaboración de cerveza, que utiliza levadura para la fermentación así como lo hacen las refinerías comerciales de biología sintética existentes, indican que el escape de organismos podría ser bastante común. Según el experto en elaboración cervecera Hugh Dunn, un estudio que abarcó seis cervecerías investigadas a lo largo de tres años descubrió que cepas comerciales de levadura en cultivo escaparon al ambiente. Ya existe preocupación en los viñedos biodinámicos de que incluso cepas no transgénicas escapadas puedan afectar el sabor y carácter de los vinos.[187]

La compañía agrobiotecnológica Agrivida, en conjunto con "biólogos sintéticos" de Codon Devices (ahora extinta), ha desarrollado un maíz similar,[189] mientras que Chromatin Inc., junto con Monsanto y Syngenta, también está utilizando biología sintética para "reprogramar" cultivos industriales como maíz, algodón y canola como materia prima más eficiente para la producción de biocombustible.[190]



Amyris Biotech está trasladando la producción de artemisinina, de las manos de los agricultores, hacia contenedores de empresas privadas que trabajan con microbios sintéticos. Foto: Birgit Betzelt/action medeor

Electricidad a partir de organismos sintéticos

Los organismos sintéticos que crecen en tinajas de azúcares de biomasa también pueden usarse para producir electricidad. En 2006, Yuri Gorby, entonces en el Departamento de Energía de Estados Unidos, demostró que varias cepas de bacteria producen de manera natural pequeñas cantidades de electricidad que es conducida a través de nanocables naturales.[191] Gorby trabaja ahora en electricidad bacteriana en el Instituto dirigido por J. Craig Venter, magnate de la biología sintética.[192] En 2008, un equipo de estudiantes de Harvard contribuyó al trabajo de Gorby para participar en una competencia sobre biología sintética llamada iGEM (una competencia internacional de máquinas manipuladas genéticamente). El equipo de iGEM desarrolló lo que llamaron "Bactricidad" alterando sintéticamente la bacteria *Shewanella oneidensis* para adherirla a los cables y transportar electricidad. Los investigadores dijeron que esa tecnología podría ser la base de futuras células o sensores bacteriales para combustible.[193]

"Deberíamos poder lograr que cualquier compuesto producido por una planta lo fabriquemos dentro de un microbio...Debemos tener todas esas vías metabólicas. Si usted necesita tal medicamento, muy bien: sacamos este pedazo, esta parte, y aquello otro del anaquel. Se pone todo en un microbio y dos semanas después tenemos su producto".
– Jay Keasling, Amyris Biotechnologies[194]

El asalto de la biología sintética a los medios de sustento – Sustitución de materias primas

Para entender cómo la contribución de la biología sintética a la economía de la biomasa afectará los medios de vida del Sur, veamos el plan comercial de Amyris Biotechnologies, fundado por el pionero de la biología sintética Jay Keasling. Amyris se jacta de que están "listos ahora para comercializar productos farmacéuticos y otros productos químicos finos, de alto valor, tomados de los bosques y océanos del mundo para transformar esos compuestos en microbios sintéticos".[195]

El proyecto de alto perfil de Amyris, con un financiamiento del orden de los 42.5 millones de dólares provenientes de la Fundación Bill & Melinda Gates, ha sido la reingeniería de la levadura industrial para producir artemisinina, un valioso compuesto contra la malaria, generalmente obtenido de la *Artemisia annua*, un arbusto de ajenjo de aroma dulce que suele ser plantado por miles de pequeños agricultores de África oriental, el sudeste asiático y Asia meridional.[196] Hasta los impulsores del proyecto admiten que el cambio de la producción de artemisinina de los campos de los agricultores a las tinas de microbios, en régimen de patente y bajo el control de Amyris y su socio comercial Sanofi Aventis, podría causar impactos en el ingreso y los medios de sustento de los agricultores del ajenjo.[197] En efecto, un informe del instituto The Netherlands Royal Tropical destacó en 2006 que la perspectiva de que se produzca artemisinina sintética es una de las mayores amenazas para los productores de artemisia.[198] Los promotores de la artemisinina artificial sostienen que los beneficios para la salud pública mundial de producir artemisinina barata compensan la pérdida de los medios de sustento de unos miles de agricultores.[199] El hecho de que cultivadores de artemisia de África y Asia pierdan sus mercados es solo la señal de advertencia de un desmantelamiento mucho mayor de los medios de sustento por parte de empresas de la biología sintética en el contexto de la nueva bioeconomía. Más allá de los compuestos medicinales, los "biólogos sintéticos" han puesto sus ojos en producir muchas de las materias primas abundantes y estratégicas de las cuales dependen los ingresos de los países del Sur:

Caucho – En 2007, el Grupo ETC informó de los intentos Jay Keasling por producir en laboratorio microbios que sinteticen el caucho natural,[200] un proyecto que el Departamento de Agricultura de Estados Unidos confió ayudaría a suplantar el caucho que importa de países del sur, por un valor de dos mil millones de dólares.

En septiembre de 2008, uno de los productores de neumáticos más grandes del mundo, Goodyear, anunció una iniciativa conjunta con Genencor para incrementar la producción microbiana de isopreno, el producto químico utilizado para fabricar caucho sintético para neumáticos mediante organismos sintéticos que se alimentan de azúcares.[201] Se programó la producción comercial del caucho para 2013. En su anuncio, Goodyear aclaró que la disponibilidad de isopreno sintético ofrecería una alternativa al caucho natural utilizado en los neumáticos.[202] Parece razonable pensar que este producto impactaría en el precio del caucho y por lo tanto en los medios de sustento de los productores de caucho a pequeña escala y los trabajadores de las plantaciones. Para marzo de 2010 se informó que Goodyear ya había utilizado el "bioisopreno" de Genencor para fabricar caucho sintético, que luego utilizó para hacer varios prototipos de neumáticos y estaba por decidir la construcción de una fábrica de producción piloto.[203]

Saborizantes - Glicirrizina es el compuesto azucarado principal de la raíz de regaliz; es de 150 a 300 veces más dulce que la sucrosa (azúcar de mesa) y es muy usado como edulcorante natural así como medicina natural tradicional. La raíz del regaliz es muy requerida y su abastecimiento está casi exclusivamente limitado a las especies indígenas naturales de la planta de regaliz encontrada en regiones áridas de China, y Medio y Cercano Oriente. En 2009, investigadores del Instituto japonés RIKEN identificaron y sintetizaron todos los genes responsables de la producción de glicirrizina.[204] Según los investigadores, ahora debería ser posible utilizar biología sintética para inducir a una planta de soja o a un microbio como la levadura, a que produzca glicirrizina. Si llegan a tener éxito sería posible sacar la producción de regaliz del Medio y Lejano Oriente para producirla en campos industriales de soja o incluso en contenedores confinados.

El remplazo del sustituto - En octubre de 2008, Synthetic Genomics, Inc., la empresa privada dirigida por J. Craig Venter, recibió una inversión de 8 millones de dólares del conglomerado de aceite de palma The Genting Group, para decodificar el genoma de la palma aceitera.[205] Si bien la inyección de dinero estaba originalmente dirigida a alterar la palma aceitera para la producción de biocombustible, pronunciamientos más recientes de Venter señalan un camino muy diferente.

Nanotecnología: tecnología diminuta; la nanotecnología implica manipular la materia en la escala de átomos y moléculas (~1-300 nanómetros) para explotar propiedades nuevas que solo aparecen a esta escala.

Nanocelulosa – menos celulosa para más mercados

Con la modificación de las fibras de celulosa a escala atómica, los nanotecnólogos están abriendo la posibilidad encontrar nuevos usos y con ello tener nuevos mercados para la biomasa industrial:

Nanomateriales, energía y productos farmacéuticos: Si bien el ejemplo modelo de los nanomateriales, los nanotubos de carbono súper fuertes, generalmente se producen de grafito, también es posible producirlos a partir del etanol de maíz.[208] Además, los nanotecnólogos se entusiasman cada vez más con una nueva clase de nanoestructuras conocidas como nanocristales de celulosa. Derivadas de la biomasa, pueden agregarse a plásticos para hacerlos 3000 veces más fuertes, pueden diseñarse para la administración de fármacos y vacunas, y pueden usarse como andamios para crear nanocables metálicos y partículas con los cuales crear pequeños sensores y nuevos materiales fotovoltaicos (que producen electricidad solar).[209]

Trajes blindados, aparatos médicos y alimentos: una forma de nanocelulosa producida de la pulpa de madera por la empresa sueca Innventia se publicita como tan fuerte y a la vez liviana como el Kevlar, capaz de impedir que los alimentos envasados se deterioren, útil para crear partes artificiales del cuerpo humano en aplicaciones médicas y también comestible para relleno de alimentos procesados. La primera fábrica comercial para este "maravilloso material" de biomasa anunció que empezaría su producción en octubre de 2010.[210]

Baterías: nanotecnólogos de la Universidad de Uppsala en Suecia informaron que con las fibras de celulosa revestidas de un alga llamada *Cladophora* se podrían fabricar baterías de papel de alta calidad. Las baterías de nanocelulosa tendrían de 50 a 200 % más tiempo de carga y podrían recargarse cientos de veces más rápido que las baterías recargables convencionales. "Con la técnica plenamente desarrollada creo que podríamos ver aplicaciones con las que hoy no podemos siquiera soñar", anuncia Maria Strømme, una de las científicas que desarrolló la batería. "Intenten imaginar lo que pueden crear integrando una batería a empapelados, textiles, envases, instrumentos de diagnóstico, etc."[211]

En 2010, en declaraciones por televisión en Estados Unidos, Venter explicó que su empresa estaba intentando ahora utilizar algas sintéticas para fabricar sustancias alimenticias en lugar de cosechar plantaciones de palma aceitera. "Teóricamente, con las algas se logra una productividad 20 veces mayor, y ocupan mucho menos sitio… En lugar de obtener aceite de pescado matando peces, podemos obtener una versión a partir de las algas".[206] Venter no es el único que busca un reemplazo biosintético para el aceite de palma. En septiembre de 2010, el mayor comprador de aceite de palma del mundo, el gigante del rubro alimenticio Unilever, anunció una inversión multimillonaria en la empresa de biología sintética Solazyme, para desarrollar aceite de alga que reemplazaría al aceite de palma en alimentos tales como mayonesas y cremas heladas, así como jabones y lociones. Unilever dice que actualmente les falta de tres a siete años para lanzar un nuevo ingrediente alimenticio biosintético, pero enfatiza que "no se trata tan solo de un nicho de ventas… Esto es algo que creemos tiene una tremenda capacidad". Solazyme anuncia que pueden manipular "perfiles de aceite" de las algas y crear sustitutos para distintos tipos de aceite. Si bien dicen que pueden hacer esto con cepas naturales, están esperando que se diluya la oposición de los consumidores a los alimentos transgénicos para así utilizar biología sintética.[207]

¿Y qué cambia?

Cambio 1: Cambios energéticos – combustión de biomasa para calor y bioelectricidad

Actualmente, la Autoridad Internacional de Energía informa que el 10.1 % de la energía primaria mundial proviene de la biomasa, principalmente madera, estiércol y paja quemada para usos tradicionales de cocina y calefacción. Sin embargo, predice que para 2030 esta cantidad podría aumentar a 25 %,[212] un aumento en gran escala que refleja la nueva carrera comercial para la combustión de biomasa con el fin de generar electricidad.

Una fruta al alcance de la mano

En muy pocos años, la industria de la electricidad ha abrazado la combustión de biomasa como estrategia para no solamente reducir los costos sino también captar créditos de carbono y cumplir objetivos de energía renovable. Ya existen centrales eléctricas de biomasa en más de 50 países en todo el mundo, que abastecen una creciente porción de electricidad. A escala mundial se estimaba a fines de 2009 que había unos 54 GW de capacidad de energía obtenida de biomasa.[213]

En muchas formas, la combustión de biomasa es la fruta al alcance de la mano del mundo de la energía renovable. Requiere muy poca o ninguna tecnología nueva y puede implementarse fácilmente en las instalaciones industriales existentes tan solo cambiando la materia prima de aceites minerales a aceites vegetales, o de carbón a pélets de madera (piezas de aserrín compactado). En ese sentido, autoridades nacionales y regionales a menudo apuntan a la combustión de biomasa como una forma sencilla de "transición" a una energía supuestamente renovable. En particular se ha vuelto muy generalizada la práctica de quemar madera en las centrales eléctricas que funcionan a carbón. Esto se hace simplemente mezclando biomasa con carbón en las cámaras de combustión de las centrales, que a su vez activan turbinas a vapor.

Combustión de biomasa en Estados Unidos

Más de un tercio de toda la electricidad generada en Estados Unidos se deriva de la biomasa – lo que lo convierte en el mayor productor de energía de biomasa del mundo.[214] Desde octubre de 2010, la organización de activistas Energy Justice Network identificó en Estados Unidos más de 540 instalaciones de energía industrial con combustión de biomasa y otras 146 en vías de construirse.[215] Ochenta fábricas de energía a biomasa conectadas a la red eléctrica en 20 estados de Estados Unidos generan actualmente unos 10 GW de energía,[216] lo que representa la mitad de toda la "energía renovable" del país, en una industria con un valor de 1000 millones de dólares.[217] Desde 2000, la generación de biomasa en la red eléctrica aumentó 25 % hasta aproximadamente 2 500 megawatts, según la Biomass Power Association.[218]

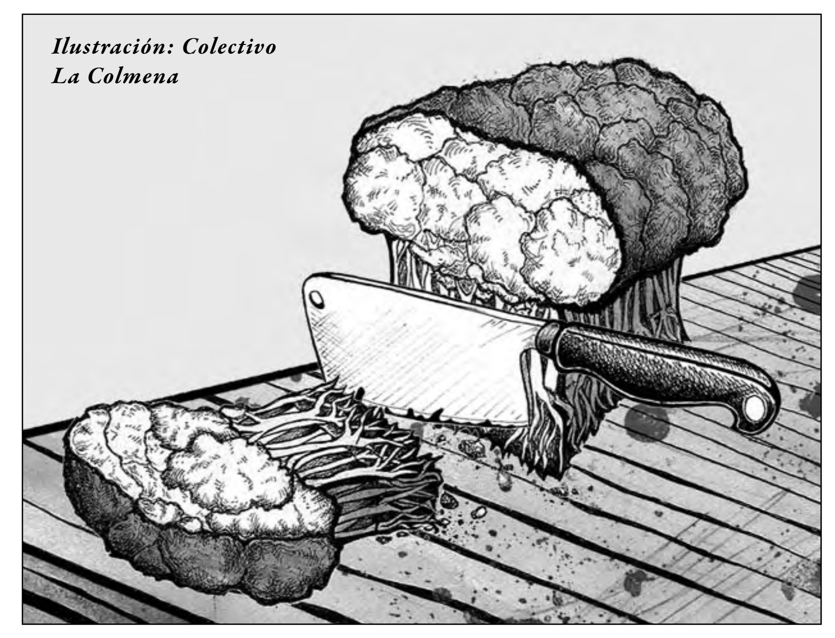
Energía a partir de biomasa del Sur

Según REN21 (Red de política energética renovable para el siglo XXI), la energía obtenida a partir de la biomasa también ha crecido sustancialmente en el Sur global, especialmente en los llamados países BRICS (Brasil, India, China y Sudáfrica). Otros países con producción de bioelectricidad son Costa Rica, México, Tanzania, Tailandia y Uruguay. La proporción de energía de biomasa de China en 2009 era de 3.2 GW y el país planea producir hasta 30 GW para 2020. India apunta a 1.7 GW de capacidad para 2012. Brasil tiene más de 4.8 GW de electricidad de biomasa, casi enteramente producida a partir del bagazo en los ingenios azucareros.[219]

Los costos de la electricidad derivada de biomasa I: engulléndose campos y bosques

El impacto más directo de las nuevas fábricas de electricidad a partir de biomasa es la creciente demanda de biomasa, principalmente madera, necesaria las 24 horas al día para mantener las turbinas en funcionamiento. Según un informe sobre la disponibilidad de biomasa preparado por el Departamento de Recursos ambientales de Massachussets, se necesitan 13 mil toneladas de biomasa verde para generar un megawatt de energía de biomasa durante un año.[220] Como afirma el activista estadounidense Josh Schlossberg, esas fábricas están con "las fauces abiertas en espera de un suministro constante de bosques".[221]

La mayor central de energía de biomasa con combustión de leña del mundo, la fábrica Prenergy, en Port Talbot, Wales (actualmente en construcción), aspira a importar más de 3 000 millones de toneladas de astillas de Estados Unidos, Canadá, América del Sur y Europa del Este. Según la organización de control ciudadano Biofuelwatch, la superficie terrestre necesaria para cultivar esa cantidad de biomasa podría ser tan grande como medio millón de hectáreas – lo que asegura la deforestación anual de una superficie el triple del tamaño de Liechtenstein.[222]


Ilustración: Colectivo La Colmena

Los costos de la electricidad derivada de biomasa II: amenazas a la salud humana

> ***"Veo asociaciones muy fuertes y significativas entre amigdalitis, tos frecuente, síndrome de croup, agitación inducida por el ejercicio, alergias a determinados alimentos y exposición al humo de la combustión de madera en nuestros niños en edad escolar. Creo que el humo de leña es uno de los contaminantes aéreos más dañinos".***
> - Gerd Oberfeld, M.D., epidemiólogo, Oficina de Salud Pública – Unidad de Salud Ambiental, Salzburgo, Austria[223]

La combustión de biomasa puede ser "natural" pero sigue siendo un riesgo importante para la salud de las comunidades que viven cerca de las instalaciones a gran escala.

- Una estimación de 1997 de la Organización Mundial de la Salud ubicó el número de muertes prematuras provocadas por la inhalación de humo de leña, principalmente de fogones domésticos, entre 2.7 y 3 millones de personas.[224] La primera causa de esas muertes parecen ser los efectos de partículas finas y ultrafinas que penetran profundamente en los pulmones.
- La EPA de Estados Unidos estima que el riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida es 12 veces mayor por la inhalación de humo de leña que por un volumen igual de humo de cigarrillo en fumadores pasivos.[225] Según un cálculo de la EPA, la combustión de un cuarto de tonelada de madera produce la misma cantidad de partículas mutagénicas que manejar 13 autos alimentados a gasolina, 16 mil kilómetros cada uno con un rendimiento de 8.5 kms por litro. [226]
- Los niños que viven en comunidades donde es frecuente que haya humo de leña presentan disminución de la capacidad pulmonar y aumento de ataques de asma, frecuencia y severidad de enfermedades respiratorias generales, más cantidad de visitas a las salas de emergencia y mayor ausencia escolar.[227] El polvo de la madera (sin quemar) también puede provocar irritación respiratoria, en los ojos y en la piel.
- El humo de leña contiene más de 200 químicos y grupos de compuestos, algunos de los cuales son tóxicos por sí solos.[228] Según el grupo de interés público Clean Air Revival, la combustión de leña es la tercera mayor fuente de dioxinas en Estados Unidos, reconocida como uno de los componentes más tóxicos que existen.[229]

Incineración disfrazada

Si bien las astillas y los aceites se presentan como bioenergía limpia, de rostro "verde", el pequeño secreto turbio de la industria está escondido detrás de los desechos municipales sólidos. Las instalaciones que están autorizadas a quemar leña a menudo pueden mezclar algún porcentaje de desechos municipales sólidos, hasta 30 % en algunos estados de Estados Unidos, y a menudo les pagan por hacerlo, convirtiendo la combustión de basura en una opción atractiva. A escala mundial, más de 12 GW de la llamada energía de biomasa es producida actualmente por la combustión de basura.[230] Dioxinas, furanos, metales pesados, incluso mercurio y plomo, hidrocarburos aromáticos policíclicos, materia de partículas ultrafinas, monóxido de carbono, dióxido de sulfuro, óxido de nitrógeno y una serie de otras toxinas peligrosas han estado saliendo de las fábricas de incineración durante años en todo el mundo. Ahora, junto con una serie de nuevas tecnologías como la pirólisis, la gasificación y la incineración por arco de plasma, los incineradores se están maquillando de verde como instalaciones de energía de biomasa, rebautizadas tecnologías de "conversión de residuos a energía". Esos "incineradores disfrazados" dicen resolver simultáneamente los problemas que trae tener "demasiados desechos" y "una cantidad insuficiente de energía renovable", reduciendo así el consumo de biomasa presente en la naturaleza.

Cambio 2: Biocombustibles — licuando biomasa para transporte

> ***"Quien produzca abundante biocombustible no solo se volverá inmensamente rico, sino que hará historia...Las empresas, los países que triunfen en esto serán los vencedores económicos de la próxima igual que hoy lo son los países ricos en petróleo".***
> – J. Craig Venter, fundador de Synthetic Genomics, Inc.[231]

La producción de combustibles de biomasa líquidos para su uso en el transporte es el modelo atractivo (y rico) para la nueva economía de la biomasa. Desde el corto auge del etanol de maíz de 2006-2008 hasta la nueva ola de capitales de riesgo y grandes compañías petroleras que meten miles de millones de dólares en iniciativas de biocombustibles, la industria de los biocombustibles sigue siendo considerada como una nueva fuente de abultados ingresos en una era de picos en los precios del petróleo y el carbón.

Si bien las predicciones de 2006 de que los biocombustibles alimentarían hasta el 30 % del transporte para 2030 [232] ahora parecen pretenciosas, aún así el sector sigue creciendo rápidamente – animados por mandatos gubernamentales, fondos de estímulo a la "energía limpia" y fuertes inversiones del sector petrolero. La reciente atención que despertó el derrame de petróleo de BP Deepwater Horizon parece haber dado nueva vida, también, a la idea de que un combustible líquido no fósil podría ser una panacea para los problemas ambientales.[233]

Generación "D" – Deficiencias de la primera generación de biocombustibles

La primera generación de biocombustibles, o generación "deficiente", se refiere tanto a alcoholes fermentados –casi enteramente etanol de maíz y caña de azúcar – o a biodiesel refinado obtenido de cultivos de oleaginosas (soja, colza, girasol, mostaza) y aceites de árboles (palma, jatrofa). Esta primera generación tuvo tres obstáculos importantes en su carrera al éxito:

- **Competencia con la protección de alimentos y de los bosques**
  En 2008, un informe interno del Banco Mundial (que luego se hizo público) reveló que hasta el 75 % del aumento de los precios de los alimentos durante la crisis alimentaria de ese año, se debió a las políticas de Europa y Estados Unidos sobre los biocombustibles, que propiciaron un cambio masivo de la plantación de trigo hacia el cultivo de colza, sumado a un importante desvío del maíz y la soja a la producción de etanol y biodiesel.[234] Los modelos previos realizados por el conservador IFPRI (Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimentarias) habían estimado que el 30 % del aumento general en los precios de los granos durante la crisis de precios de los alimentos en 2008, podría tener su origen en los biocombustibles. Sin embargo, el IFPRI calculó que si en 2007 se hubiera establecido una moratoria mundial a la producción de biocombustibles, para 2010 los precios de cultivos alimenticios claves hubieran bajado sustancialmente – un 20 % para el maíz, 14 % para la mandioca, 11 % para el azúcar y 8 % para el trigo.[235] Los cultivos para biodiesel (soja, girasol, colza) también utilizan agua, nutrientes y las mejores tierras agrícolas o, en el caso de cultivos como la palma aceitera, tienen que ver con la deforestación de bosques, impactando especies en riesgo y los derechos de los habitantes del bosque.[236]

- **Balance energético deficiente**
  El etanol en particular es un combustible pobre que al ser quemado produce menos energía que la gasolina. Esto afecta negativamente el llamado "balance energético" de la primera generación de biocombustibles. Los economistas que trabajan en energía calcularon que cuando se incluyen los costos energéticos de los insumos agrícolas, la producción de etanol a partir del maíz exige 29 % más de energía fósil que el combustible producido. El biodiesel de las plantas de soja requiere 27 % más energía fósil que el combustible producido, y el biodiesel de girasol requiere 118 % más energía fósil que el combustible producido.[237]
- **Requiere motores y/o líneas de distribución especiales**
  Bombear etanol neto en los motores existentes puede corroer partes del motor y exige ajustes en los circuitos de aire y de combustible. Como resultado, el etanol requiere un manejo por separado y por lo tanto costosos tanques de almacenamiento y mecanismos de distribución. (El biodiesel se adapta más fácilmente a los motores y sistemas de combustible existentes.)

Aun cuando esas deficiencias de los biocombustibles de primera generación son ampliamente conocidas, los gobiernos de la OCDE continúan manteniendo subvenciones y metas a lograr para el uso de etanol y biodiesel como combustibles. Los impulsores de los biocombustibles argumentan que es necesario mantener esos mandatos para permitir una transición en calma a lo que ellos aducen es una próxima generación menos problemática (pero eso hasta ahora es teórico).

"Sobrevivientes" de la Generación D – azúcar y jatrofa

Incluso después de haberse reducido el entusiasmo inicial por los biocombustibles, hay por lo menos dos de "primera generación" que continúan recibiendo un apoyo entusiasta:

Caña de azúcar – En Brasil, la caña de azúcar ha sido transformada en etanol combustible a escala industrial desde hace ya treinta años. Desde 2008, más del 50 % del combustible vendido en el país para automóviles y otros vehículos livianos era etanol y el país se había fijado la meta de producir un récord de 27 mil millones de litros de etanol en 2010.[238] La industria brasileña de etanol anuncia que su azúcar de caña tiene un balance energético mucho mejor que el etanol de maíz y que se puede plantar más caña de azúcar de manera sustentable sin competir con la producción de alimentos. En febrero de 2010, la Royal Dutch Shell firmó un acuerdo con el gigante del azúcar, Cosan, para formar una empresa conjunta con un valor de 12 mil millones de dólares para producir etanol a partir de la caña de azúcar brasileña. Esta inversión representa el mayor compromiso con los biocombustibles hecho hasta ahora por una compañía petrolera.[239]

Esas reivindicaciones "verdes" para el combustible de azúcar brasileño son enérgicamente refutadas. Las estimaciones señalan que para 2020 se duplicarán las actuales 8.89 millones de hectáreas de plantaciones de caña de azúcar brasileña.[240] Esto es en gran medida a expensas de regiones ecológicamente sensibles como la frágil y altamente biodiversa cuenca del Cerrado, también llamada "padre del agua" ya que alberga las tres mayores cuencas de América del Sur, incluida la del Amazonas.



Cortando caña en Brasil   *Foto: John McQuaid*

continúa en la siguiente página

La expansión del etanol está destruyendo la Amazonía a medida que nuevas plantaciones de azúcar empujan a los productores de soja y criadores de ganado a internarse en territorio amazónico. Junto con la sed de agua, los cultivos de caña de azúcar exigen una aplicación intensiva de agroquímicos y la quema a gran escala de los campos. Según un estudio reciente, esta quema, combinada con el uso de fertilizantes y otros insumos, libera anualmente cerca de 150 millones de toneladas de dióxido de carbono[241] a la atmósfera, contribuyendo a que Brasil ocupe el séptimo lugar como mayor emisor de gases de efecto invernadero en el mundo.[242] Los costos sociales también son muy altos. La expansión de la frontera agrícola está dejando a la gente sin tierra y es un factor del rápido crecimiento de población de los sectores pobres urbanos en las ciudades más grandes de Brasil. Mientras tanto, en la cosecha de la caña de azúcar trabajan casi un millón de trabajadores inmigrantes – una parte importante de los cuales viven en condiciones de mano de obra servil por endeudamiento, sufren problemas respiratorios y muerte temprana por agotamiento.[243]

Jatrofa – La jatrofa es una familia de arbustos tropicales, algunos de los cuales producen un fruto seco no comestible y rico en aceite que podría servir para biodiesel. Empresas como D1 Oils (propiedad de BP) y Daimler están respaldando ahora la expansión masiva de jatrofa en África, América del Sur y Asia, anunciándola como un cultivo maravilloso. Elogian la capacidad de la jatrofa de crecer en tierras llamadas marginales, en suelos pobres e incluso en condiciones semiáridas. Las comunidades de África y Asia han reaccionado al acaparamiento de tierras asociado con las nuevas plantaciones de jatrofa, muchas de las cuales están desplazando la producción de alimentos y ocupando tierras donde antes subsistía gente pobre. Si bien la jatrofa puede sobrevivir en ciertas condiciones de escasez de agua, para que prospere y produzca volúmenes de aceite que sirvan, necesita cantidades importantes de agua. Un estudio reciente sobre la huella en el agua de los cultivos para biocombustible concluye que solo un litro de biodiesel de jatrofa requiere la increíble cifra de 20 mil litros de agua para crecer – dejando muy atrás a la canola, el maíz, la soja, la caña de azúcar u otros cultivos comúnmente usados para biocombustible.[244] Otros problemas que se aprecian con la jatrofa son la toxicidad de las semillas para los seres humanos, la preocupación sobre la posibilidad de que sea invasora, y que la jatrofa no es, después de todo, resistente a plagas, como se dice.[245]

Cambio de combustibles y de materias primas

Después de haber sido tomados por sorpresa por los problemas asociados con la primera camada de biocombustibles, la industria, junto con los gobiernos de la OCDE, está inyectando una cantidad enorme de dinero en lo que han dado en llamar la "próxima generación" de biocombustibles. El alto nivel de compromisos da indicios de una desesperación política por rescatar las importantes sumas de dinero y el compromiso ya invertido en ese campo.

Para superar los problemas de la generación D, el enfoque de la "próxima generación" emplea nuevas materias primas (en particular celulosa y algas) e intenta producir líquidos con mayor contenido energético utilizando tecnologías mejoradas (particularmente biología sintética). El elixir de la segunda generación que los bioalquimistas intentan ahora obtener es idealmente un líquido cuya materia prima no afectará el suministro de alimentos, tendrá el mismo empuje energético que la gasolina (o mejor) y podrá ser bombeado en los tanques de combustible actuales, en las mismas condiciones que ahora.

Se sabe que por lo menos 200 compañías intentan cumplir esta visión del "biocombustible perfecto"[246] – cada una trabajando en piezas distintas del rompecabezas de la "próxima generación". Algunas de estas empresas ya están encarando la producción comercial, pero sólo en pequeñas cantidades (ver Anexo). La mayoría está luchando con las cuestiones de agrandar la escala.

Planta de etanol Foto: Aaron Brown



Biorrefinerías: instalaciones industriales para el procesamiento de biomasa. Como las refinerías petroleras, las biorrefinerías son fábricas que degradan la biomasa en sus partes constituyentes y luego las "refinan" utilizando técnicas químicas y biológicas (incluso la fermentación) para producir compuestos industriales tales como productos químicos y combustibles así como calor y electricidad.

Combustibles celulósicos

> ***"El combustible del futuro saldrá de arbustos como el sumac, que se encuentra al borde de los caminos, y saldrá también de árboles, hierbas, aserrín – de casi todo".***
> – Henry Ford en *The New York Times,* 1925[247]

¿Recuerdan aquellos 180 mil millones de toneladas de azúcar de celulosa producidas anualmente en ramas leñosas, hojas, pastos y algas en todo el mundo? Para una industria que necesita el azúcar para hacer combustibles, esa bonanza celulósica parece ser la materia prima no alimenticia perfecta. La legislación de Estados Unidos de 2005, que exhortó a producir 100 millones de galones de etanol celulósico para 2010, tuvo que reducirse drásticamente a tan solo 6. 5 millones 2010.[248] La misma legislación reclama que los automóviles estadounidenses consuman 4 300 millones de galones (16 mil millones de litros) de etanol celulósico para 2015 – otro objetivo también improbable de cumplir.

Hay dos formas de producción de combustibles a partir de la celulosa: termoquímica y biológica

Producción termoquímica de combustibles celulósicos

Los químicos han sabido cómo convertir la biomasa en combustibles desde la década de 1930, cuando se comercializó el proceso Fischer-Tropsch para licuar el carbón, durante la época de la Guerra con el gobierno alemán. Este proceso recalienta el carbón (o biomasa) hasta transformarlo en gas, que luego se transforma químicamente en combustible:

Luego de una inversión de por lo menos 320 millones de dólares, la mitad de la cual corresponde al gobierno de Estados Unidos y al estado de Georgia, **Range Fuels** abrió su primera fábrica comercial a gran escala (en Georgia), que anualmente produce 4 millones de galones de metanol celulósico – no los mil millones de galones de etanol que originalmente había prometido.[249]

BlueFire Etanol de California utiliza fuertes ácidos para degradar la lignocelulosa en azúcares disponibles para fermentación. La primera biorefinería de BlueFire transformará vertederos preclasificados para producir aproximadamente 3.9 millones de galones de etanol combustible por año. Una segunda fábrica plantea producir 19 millones de galones de etanol por año a partir de biomasa de madera.[250]

Producción biológica de combustibles celulósicos

De las dos formas más importantes de fabricar biocombustibles celulósicos, la otra es aplicar poderosas enzimas, llamadas celulasas, para degradar la celulosa en azúcares más disponibles para su consiguiente fermentación a etanol y otros alcoholes. Se desarrollan microbios naturales, transgénicos y sintéticos para degradar la celulosa y fermentarla.

- En 2009 **BP** creó una empresa conjunta de 45 millones de dólares con **Verenium** (ex Diversa) para crear etanol celulósico a través del uso de enzimas sintéticas de Verenium.[251] En julio de 2010, BP pagó otros 98 millones de dólares para comprar su negocio de biocombustible que incluye dos instalaciones de producción.[252]
- **Corporación Iogen** utiliza enzimas modificadas genéticamente de *Trichoderma reesei* (responsable del "pie de atleta"), para degradar el material vegetal en su fábrica de demostración con sede en Ottawa, que ya produce 170 mil galones de etanol celulósico por año. Como parte de una empresa conjunta 50:50 con **Shell**, Iogen está planeando lo que denomina la "primera planta mundial de etanol celulósico a escala comercial" en Saskatchewan, Canadá.[253]
- **Mascoma** rediseñó microbios de levadura y bacterianos no solamente para degradar la celulosa para la producción de etanol sino también para llevar a cabo la fermentación y convertirla en etanol celulósico en un procedimiento simplificado ("one pot", en un solo tubo). Tiene sociedad con **General Motors**,[254] **Marathon Oil**,[255] y la compañía de etanol **Royal Nedalco**[256] y está construyendo una fábrica de producción comercial en Michigan. A través de una sociedad con **Stellenbosch Biomass Technologies**, Mascoma también está trasladando su tecnología a Sudáfrica.[257]
- **Coskata**, que tiene sociedad con **General Motors** y **Total Oil**,[258] cultivó microbios naturales que, en concierto con un proceso de gasificación, pueden transformar materias primas tales como astillas o neumáticos viejos en etanol celulósico.
- **DuPont** hizo sociedad con la compañía biotecnológica **Genencor** para crear **DuPont Danisco Cellulosic Ethanol LLC**, un proyecto de 140 millones de dólares para usar la tecnología de la enzima sintética de **Genencor**.[259] Su fábrica de demostración en Tennessee actualmente convierte dos mil toneladas de mazorcas de maíz en etanol. Para 2013 espera desarrollar la producción comercial.

- **POET**, que anuncia ser el mayor productor de etanol del mundo, utilizará enzimas comerciales de **Novozymes** para convertir mazorcas de maíz en una producción anual de 25 millones de galones de etanol cuando su biorrefinería entre en funcionamiento a fines de 2011 o principios de 2012.[260]
- **Verdezyne**, una compañía de biología sintética con sede en California, está desarrollando levadura que puede convertir pasto aguja, cáñamo, maíz y madera en etanol.[261] La compañía tiene acuerdos con **Novozymes**, **Genencor** y **Syngenta**.[262]
- En febrero de 2008, el gigante forestal **Weyerhaeuser** formó una empresa conjunta con **Chevron** llamada **Catchlight Energy** para producir etanol celulósico a partir de la madera. Desde que hizo su anuncio inicial se han revelado muy pocos detalles más.[263]
- La empresa **Qteros**, con sede en Estados Unidos, ha "mejorado" una bacteria natural llamada microbio Q para transformar la biomasa lignocelulósica en azúcar para etanol y productos químicos. Entre sus patrocinadores figuran **BP** y el Fondo Soros. Qteros espera obtener una licencia sobre su microbio Q en Brasil e India para convertir el bagazo de la caña de azúcar en etanol.[264]

De los alcoholes a los hidrocarburos – Biogasolina, butanol, isopentanol, hexadecano, farneseno

Ya sea producido a partir de astillas, mazorcas o algas, el mayor problema en el mercado para el etanol celulósico es que sigue siendo etanol, un combustible con bajo contenido de energía que requiere modificaciones en los motores y una infraestructura aparte para su suministro. Como dice el "biólogo sintético" y empresario de los biocombustibles Jay Keasling, "el etanol es para tomar, no para conducir".[265] Varias empresas han abandonado el etanol y otros productos, como los alcoholes, y en cambio trabajan para producir hidrocarburos en gran escala, similares al diesel o la gasolina, que puedan ser refinados en las tradicionales refinerías de petróleo o surtidos directamente a los motores de los automóviles comunes.

A partir de la termoquímica

1. La empresa alemana de biocombustibles **Choren** abrió la primera refinería comercial de transformación de biomasa a líquido, para convertir anualmente 68 mil toneladas de madera en 18 millones de litros de combustible hidrocarburo diesel. Entre los socios de Choren figuran Shell, Daimler y Volkswagen.[266]
2. **Dynamotive Corporation** de Vancouver, Canadá, somete la biomasa agrícola y derivada de los bosques a un procedimiento de "pirólisis acelerada" (combustión sin oxígeno), que da como resultado un aceite hidrocarburo. Sin embargo, la principal fábrica de demostración de Dynamotive en Ontario, Canadá, cerró y se declaró en bancarrota en julio de 2010.[267]

A partir de la biología sintética

3. **LS9** ha desarrollado y patentado microbios sintéticos que fermentan azúcares e incluso celulosa convirtiéndolos en combustibles hidrocarburos que no se distinguen de la gasolina, el diesel y el combustible para reactores. Luego de una inversión de 25 millones de dólares de **Chevron**, se espera que para 2011 una nueva biorefinería en Florida producirá de 50.000 a 100.000 galones de su diesel "UltraClean", que se vendería comercialmente en 2013.[268]
4. **Gevo**, otra empresa de biología sintética estadounidense, ha desarrollado microbios que transforman azúcares agrícolas en isobutanol, un combustible alcohol con alto contenido energético que funciona en motores a gasolina. La compañía tiene acuerdos con **Cargill** e inversiones de **Total Oil** y **Virgin Group**.[269]
5. **Amyris Biotechnologies** ha desarrollado levadura modificada sintéticamente para fermentar azúcar de caña en equivalentes de diesel hidrocarburo, gasolina y combustible para reactores a partir del farneseno químico. Dirigido por un ex director de BP, Amyris tiene varios socios, entre ellos **Shell**, **Total**, **Votorantim**, **Crystalsev**, **Mercedes**, el **Departmento de Defensa de los Estados Unidos**, **Bunge**, **Cosan** y otros. Su biorrefinería brasileña comenzará a vender biodiesel en 2011. También está colaborando con **Procter & Gamble** para elaborar productos químicos.[270]

Más allá de la celulosa: biocombustibles de algas

> ***"Si la humanidad decidiera arar una parte del Desierto del Sahara, irrigarla con agua salada del Mediterráneo, luego plantar biomasa, como las algas, podríamos reemplazar todo el combustible de carbono fósil que nuestra especie utiliza actualmente y brindar alimentos para una creciente población mundial, a bajo costo".***
> – Dennis Bushnell, científico principal del Centro de Investigación Langley, de la NASA[271]

Para los fervientes creyentes en los biocombustibles, el desarrollo de combustibles a partir de algas (cianobacterias, o algas comunes de los estanques) representa lo último en materia de fuentes de biomasa sustentable. El Carbon Trust del Reino Unido anuncia que para 2030 los biocombustibles a base de algas podrían reemplazar más de 70 mil millones de litros de combustibles fósiles utilizados cada año para transporte vial y aviación.[272]

Actualmente se proponen cuatro posibles sistemas de cultivo de algas:

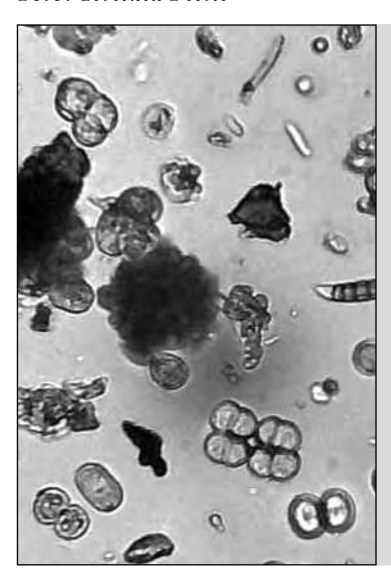
Estanques abiertos, ubicados en desiertos u otras regiones con mucha luz solar, son el método preferido para cultivar algas. Se pueden utilizar aguas de desecho o agua dulce movida a través de los estanques mediante paletas o remos.

Fotobiorreactores: son sistemas que encierran algas en tubos de vidrio o bolsas plásticas transparentes mientras se bombea agua, CO_2 y nutrientes a través de esos contenedores. Pueden usarse en emplazamientos urbanos.

Cubas cerradas: derivan la energía del azúcar en lugar del sol. Se pueden cultivar algas en grandes cubas e inducirlas a que produzcan hidrógeno en lugar de aceites.

Cultivo a mar abierto: todavía es muy especulativo y presenta el riesgo de que las cepas se escapen y provoquen un daño ecológico. Algunas empresas como Blue Marble proponen cosechar algas silvestres de zonas oceánicas muertas.[273] Mientras tanto, investigadores del Proyecto OMEGA de Algas, de la NASA, proponen cultivar granjas flotantes de algas de agua dulce en el mar, encerradas en bolsas, de manera que las cepas que escapen no sobrevivan en el ambiente marino.[274]

Foto: Yersinia Pestis



Algas: algas comunes de los estanques y algas marinas; el término hace referencia a una amplia y diversa variedad de organismos fotosintéticos similares a las plantas que crecen en el agua, desde la cianobacteria unicelular hasta los kelps y las algas marinas, de mayor tamaño.

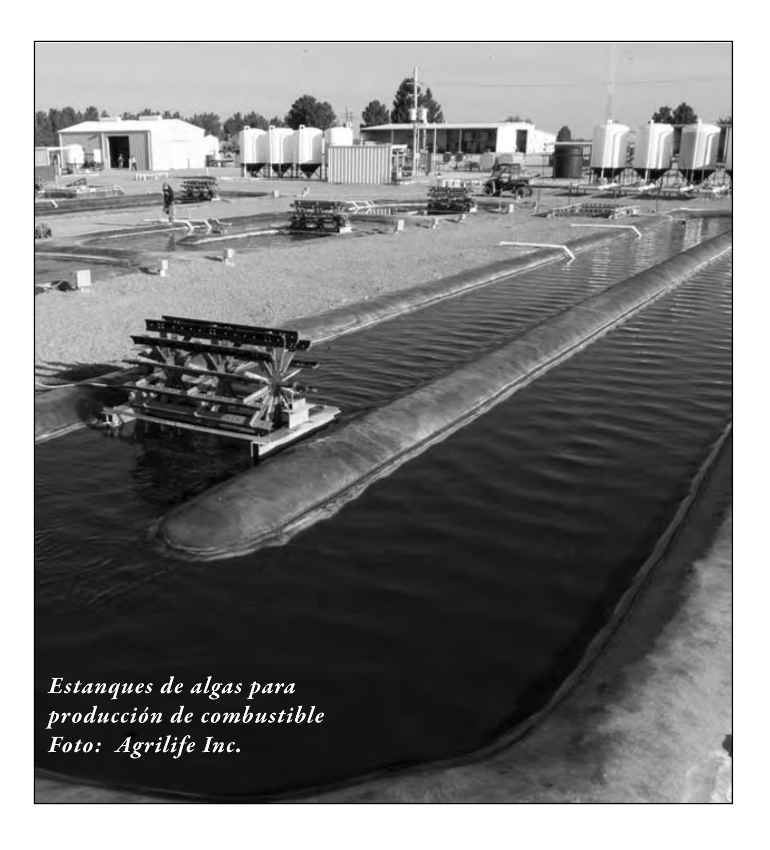
Argumentos a favor de las algas

- Las algas producen un aceite hidrocarburo que puede ser prensado y refinado para su uso como biodiesel o refinado en gasolina, plásticos y productos químicos.
- Las algas también producen celulosa que puede transformarse en combustible celulósico o bioelectricidad.
- Las algas pueden ser inducidas a producir hidrógeno.
- Son más eficientes que otras plantas verdes para transformar la luz del sol en biomasa.
- Crecen rápida y fácilmente en aguas ricas en nutrientes; son abundantes y renovables.
- Las algas no son una fuente de alimentación importante.
- Las algas pueden absorber dióxido de carbono atmosférico o industrial.
- Pueden crecer en aguas residuales o en agua salada (dependiendo de las especies de algas), evitando así la presión sobre los recursos de agua dulce.
- El cultivo de algas ahorra tierras agrícolas y en cambio aprovecha desiertos, tierras marginales, el mar e incluso ambientes urbanos.

Argumentos en contra de las algas como fuente de combustible

Lejos de ser una panacea, los biocombustibles basados en las algas tienen muchos de los mismos problemas que otros biocombustibles:

- **La escala** – En más de 40 años de experimentación con algas para biocombustible, ninguna empresa ha tenido éxito en producir cantidades comerciales de aceite de alga o biomasa de alga que rivalicen con los combustibles del petróleo. En general se especula que para lograrlo se necesitará algún tipo de ingeniería genética.
- **Tierra** – Debido a que la mayor parte de la producción de algas requiere luz solar como fuente de energía, los estanques de algas deben tener poca profundidad para permitir que la luz llegue a todos los organismos. Como resultado, la producción se extiende en una capa delgada sobre superficies muy grandes de tierra, impactando ecosistemas, derechos territoriales y usos tradicionales, especialmente en las regiones desérticas. El experto en renovables, Saul Griffiths, calculó recientemente que incluso si una cepa de algas pudiera llegar a tener cuatro veces más eficiencia en el aprovechamiento de la luz del sol para energía, igualmente sería necesario llenar una piscina de algas de tamaño olímpica cada segundo durante los próximos veinte años,[275] lo que compensaría tan solo el 3 % del consumo mundial de energía.



Estanques de algas para producción de combustible Foto: Agrilife Inc.

- **Balance de energía y agua** – Dependiendo del sistema de producción, el cultivo de algas puede llegar a tener un bajo rendimiento de energía. En gran medida esto se debe al hecho de que cultivar algas en estanques abiertos o en biorreactores cerrados exige una aplicación constante de fertilizantes. En una reciente evaluación del ciclo de vida de los biocombustibles algales, publicado en la revista Environmental Science and Technology, los investigadores concluyeron que la producción de algas consume más agua y energía que otras materias primas de biocombustibles como el maíz, la canola y el pasto aguja, y también tiene mayor emisión de gases de efecto invernadero.[276] La producción de fertilizantes, en particular, requiere grandes cantidades de energía. Además, la producción y el continuo funcionamiento de fotobiorreactores, el bombeo de agua y la maquinaria para las operaciones de mezclado, así como tecnología para la cosecha y extracción, se agregan al uso general de energía. "De acuerdo a lo que conocemos sobre los proyectos pilotos de producción de algas de los últimos 10 o 15 años, hemos descubierto que la huella ambiental de las algas es mayor que la de otros cultivos terrestres", declaró Andres Clarens, del Departamento Civil y Ambiental de la Universidad de Virginia, autor del estudio.[277] Los autores sugirieron que las compañías podrían utilizar agua de residuos rica en nutrientes para reducir los insumos de fertilizantes.
- **El pico de los fertilizantes y la competencia alimentaria** – El costo energético asociado con un elevado uso de fertilizantes no es la única gran resistencia a la expansión del combustible derivado de algas. Se estima que las existencias mundiales de fosfato grado fertilizante han disminuido a 8 mil millones de toneladas. Si cambiáramos la producción de petróleo a algas, quedaría fertilizante fosfato para solamente 37 años más.[278] Dada la inminente escasez de este mineral clave, las existencias de fosfato dirigidas a la producción de biocombustible compiten directamente con la fertilización de los cultivos alimenticios – un clásico dilema alimentos vs. combustible.
- **Riesgo de invasión ecológica y contaminación genética** – La idea de trasladar las cianobacterias a una producción a cielo abierto y en gran escala tiene alarmados a muchos ecologistas, ya que las algas se reproducen muy rápidamente, duplicando su masa cada día. Las cepas de algas silvestres ya son responsables de algunos de los peores eventos de invasión ecológica, desde la vasta desoxigenación de "zonas muertas" encontradas en zonas costeras y provocadas por el escurrimiento de los fertilizantes, hasta las florescencias de algas verdeazuladas que sofocan ecosistemas de agua dulce y amenazan la salud humana. La cianobacteria manipulada genéticamente aumenta los riesgos ecológicos ya que no solamente alterará el código genético desencadenando efectos secundarios no previstos, sino que también el objetivo de la ingeniería genética es desarrollar cepas de "superalgas", que pueden aprovechar más energía solar que las cepas naturales. En una reunión de la nueva comisión de bioética del Presidente estadounidense Barack Obama, celebrada en 2010, Allison A. Snow, ecologista de la Universidad del Estado de Ohio, testificó que el "peor escenario hipotético" sería que las algas manipuladas genéticamente para ser muy resistentes escaparan al ambiente, desplazando a otras especies y causando una invasión que privaría a las aguas de oxígeno, matando a los peces.[279]
- **La geoingeniería y el clima** – Las algas son básicas para regular la vida en la Tierra; son responsables de entre 73 % y 87 % de la producción mundial neta de oxígeno a través de la fijación del dióxido de carbono atmosférico.[280] Rediseñar la biología de las algas, o alterar la población mundial de algas llevándola a una gran escala podría impactar directamente el ciclo mundial del oxígeno, el ciclo del carbono, el ciclo del nitrógeno y la producción de ozono – potencialmente en formas impredecibles y perniciosas. Las propuestas de cultivar algas en zonas costeras y en mar abierto presenta los mismos riesgos ecológicos, climáticos y de justicia que los planes de la geoingeniería de fertilizar los océanos con hierro o urea para provocar florescencias de plancton.

Los nuevos hinchas de las algas

Si bien todavía no hay una empresa que esté vendiendo cantidades comercialmente viables de combustible derivado de algas, el grupo de investigación de mercados Global Information, reconoce que más de 100 compañías en todo el mundo intentan hacer combustible y otros productos químicos a partir de las algas. En Estados Unidos, por lo menos, esas empresas reciben el generoso apoyo de más de 70 millones de dólares del gobierno de Estados Unidos y otros fondos estatales. Global Information dice que el mercado de combustible algal alcanzó un valor de 271 millones de dólares en 2010 y para 2015 podría llegar a más de 1 600 millones de dólares.[281]

Empresas a las que hay que observar:

Synthetic Genomics, Inc. – una compañía de biología sintética con alto perfil, fundada por el magnate de la genética J. Craig Venter – tiene una empresa conjunta con ExxonMobil para desarrollar cepas de algas altamente eficientes y aumentar su escala para la producción comercial. ExxonMobil anuncia que actualmente es uno de sus mayores proyectos de investigación tecnológica.[282] En 2010 abrió un invernadero de demostración en San Diego, California, y están trabajando en un emplazamiento de ensayo, de mayores proporciones, en un lugar no revelado aún y que será anunciado en 2011.[283] En mayo de 2010 Venter le dijo al Congreso de los Estados Unidos que Synthetic Genomics está buscando construir una instalación tan grande como la ciudad de San Francisco.[284] Otros patrocinadores de Venter son **BP**, el grupo malayo **Genting**, **Novartis** y **Life Technologies Corporation**, así como varias personas en carácter individual.

Sapphire Energy declara que para 2011 estarán produciendo un millón de barriles por año de diesel algal y combustible de reactores, y 100 millones para 2018. Recaudaron 100 millones de dólares de importantes inversionistas, entre ellos **Bill Gates**,[285] más otros 100 millones de financiamiento federal para construir un sitio de demostración de 121 hectáreas en el desierto de Nuevo México. Sapphire está trabajando con cepas de algas tanto naturales como sintéticas. Entre sus directores figura el ex ejecutivo de la **Monsanto** Robert Shapiro y también un ex director ejecutivo de **BP**.[286]

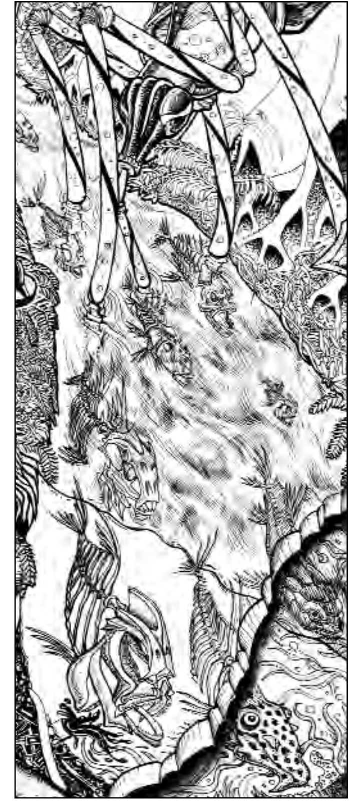


Ilustración: Colectivo La Colmena

Transalgae, una empresa estadounidense basada en Israel, anuncia que intenta ser "la semilla de algas de Monsanto".[287] Está desarrollando algas modificadas genéticamente para combustible y alimento animal en colaboración con **Endicott Biofuels** de Texas, Estados Unidos, y también **Raanan**, el mayor productor de alimento para peces de Israel. La primera generación de algas transgénicas de Transalgae está siendo sometida a un ensayo de campo en una central eléctrica de gas natural, de 400 MW, en Ashdod, Israel, en colaboración con **Israeli Electric Company**. La empresa declaró a la prensa que ha añadido un gen terminator conmutable en sus algas, de manera que las algas teóricamente se "autodestruirán" en el término de seis horas;[288] sin embargo, sus patentes indican un mecanismo mucho más débil que simplemente hace que las algas sean mucho menos resistentes en la naturaleza.[289]

Solazyme, con sede en San Francisco, Estados Unidos, aplica biología sintética para producir biodiesel en cubas cerradas donde las algas son alimentadas con azúcar en lugar de dióxido de carbono. Tiene una empresa conjunta con el gigante petrolero **Chevron** para ampliar la producción de su combustible algal para 2013 y también acuerdos con **Unilever** para desarrollar aceites de algas alternativos al aceite de palma. Después de entregar 20 mil toneladas de diesel de algas a la **Marina de Estados Unidos** en septiembre de 2010, la compañía anunció un segundo contrato naval por otros 150 mil galones.[290] Solazyme también tiene acuerdos con el comerciante de granos **Bunge** para cultivar algas en bagazo de caña de azúcar, así como inversiones de Sir Richard Branson del **Grupo Virginia** y la importante compañía japonesa de ingredientes alimenticios **San-Ei Gen**.[291]

Joule Biotechnologies, una empresa derivada del Instituto de Tecnología Massachusetts en Boston, Estados Unidos, aduce haber desarrollado una cianobacteria sintética altamente manipulada (algas verdeazuladas) que segrega alcanos, un producto químico generalmente refinado del petróleo. El producto actual de Joule segrega etanol directamente en el agua, donde sus organismos crecen, pero según la compañía, "Diferentes variantes pueden hace también polímeros y otros productos químicos de alto valor que generalmente son derivados del petróleo".[292] Joule está construyendo una instalación comercial para comenzar las actividades en 2012 con un rendimiento anunciado de 15 mil galones de diesel por acre.

Algenol, de Florida Estados Unidos, se asoció a **Dow Chemical** para construir una biorefinería de algas en Texas. Las cepas de algas híbridas de Algenol producen etanol en biorreactores. Otros socios son la **Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos**, y **Valero Energy Corporation**, un destacado productor de etanol.[293]

Cellana es una empresa conjunta entre **Royal Dutch Shell** y **HR BioPetroleum** para seleccionar y cultivar cepas naturales de algas para biocombustible y alimento para animales. Tienen acuerdos de investigación con varias universidades de todo el mundo y poseen una pequeña instalación experimental en Hawai que cultiva algas oceánicas en sistemas cerrados y abiertos.[294]

Cambio 3: Cambios químicos – bioplásticos y otros compuestos

El cambio de la industria química mundial – con varlor de 3 billones de dólares[295] – hacia materias primas de azúcar y biomasa recibió mínima atención crítica de la sociedad civil y de los movimientos de base, y sin embargo ha sido el viraje empresarial más notorio, especialmente en el sector de bioplásticos y productos químicos finos. Obtener productos químicos a partir de la biomasa en lugar de combustibles para transporte es atractivo porque los mercados son más pequeños y por lo tanto más fáciles de ocupar, y los precios de los productos químicos son en promedio de dos a cuatro veces más altos. Es increíble, pero los inversionistas en capitales de riesgo están aconsejando a las compañías de biocombustibles de segunda generación que se diversifiquen en productos químicos (y alimentos) como segunda o incluso como principal fuente de ingresos.

La industria química mundial representa aproximadamente el 10 % del uso del petróleo[296] y muchos de los miles de productos químicos sintéticos actualmente incorporados en los productos cotidianos se basan en el craqueo y la refinación del petróleo, en moléculas de hidrocarburo cada vez más elaboradas. Sin embargo la industria química siempre ha obtenido parte de su materia prima de carbono del azúcar, y está bien armada para volver a los carbohidratos. A principios del siglo XX los primeros productos plásticos comerciales y numerosos productos químicos cotidianos se basaron en la biomasa, incluso el celuloide y el rayón. En su historia de "la economía del carbohidrato", el economista David Morris informa que en 1945 el mayor fabricante británico de productos químicos, ICI, todavía mantenía tres divisiones de producción: una basada en el carbón, otra basada en el petróleo y la tercera basada en la melaza.[297]

Una serie de productos químicos de alto valor ya se basan en material biológico, incluso el lysine (utilizado ampliamente para alimento de animales), el ácido glutámico (utilizado para saborizar alimentos, tal como el glutamato de monosodio) y tinturas y tintas basadas en la soja, que ahora abastecen más del 90 % de la producción de periódicos de los Estados Unidos y el 25 % de las impresiones comerciales.[298] Sin embargo, a medida que los desarrollos en la biología sintética hicieron posible procesar y refinar azúcares vegetales dentro de las células en lugar de dentro de fábricas químicas, más organismos sintéticos están siendo diseñados para segregar químicos que previamente habrían sido refinados a partir de fuentes fósiles. Ahora, la producción basada en la biomasa se está aplicando en todos los sectores de la industria química, incluso en fragancias y aderezos, productos farmacéuticos, productos químicos a granel, productos químicos finos y especialidades así como polímeros (plásticos). Si bien los productos químicos derivados de la biomasa, especialmente los bioplásticos, se consideran "verdes" y "limpios", son prácticamente iguales a los derivados del petróleo a la hora de considerar su biodegradación y toxicidad.

Bloques de construcción a partir de biomasa

Los especialistas en biología sintética y los químicos se esfuerzan en fabricar lo que ellos llaman "productos químicos de plataforma" a partir de azúcar o materia prima de biomasa. Se trata de componentes químicos básicos importantes que a su vez pueden ser refinados en cientos de otros productos químicos que actualmente se producen en refinerías comerciales. Eso es lo que hace la petroquímica comercial, craqueando petróleo en componentes esenciales como el etileno, butadieno, propileno y xileno e intermediarios flexibles como amoníaco, ácido acético, ácido carbólico y butileno para su refinamiento en miles más. Al trabajar en el desarrollo de esos o en nuevos productos químicos de plataforma, los científicos están desarrollando la capacidad de convertir decenas o cientos de productos químicos de carbono fósil a carbono vegetal. Algunos ejemplos de productos químicos de plataforma con base en material biológico que están por llegar al mercado:

Petroquímica: fabricación de materiales a partir del petróleo. Una rama de la química industrial que transforma petróleo crudo y gas natural en productos útiles y materias primas. La petroquímica comienza por descomponer las complejas moléculas de petróleo en moléculas más simples y luego las recombina.

Los isoprenoides o terpenos son una clase de compuestos presentes en la naturaleza, como caucho, taxol, margosa, artemisina y canabinoides. Algunos de éstos fueron producidos en levadura sintética por **Amyris Biotechnologies, Inc**. Amyris se ha enfocado en un isoprenoide llamado **farneseno** (que produce el aroma acre en las manzanas), que dice puede refinarlo más en "una amplia variedad de productos, desde aplicaciones químicas de especialidad tales como detergentes, cosméticos, perfumes y lubricantes industriales, a combustibles para transporte, como el diesel".[299] Amyris, cuya levadura sintética actualmente procesa la caña de azúcar de Brasil, tiene un acuerdo con **Procter & Gamble** para convertir el farnesene en cosméticos y productos del hogar.[300] Tiene otro acuerdo con **M&G Finanziaria**, el mayor proveedor mundial de plástico para botellas, para el uso de biofarnesene en la producción de plástico PET.[301] **Genencor** también ha trabajado en el desarrollo de E. coli sintético para producir isoprene, utilizado en la producción de caucho. En 2008 fueron socios con el fabricante mundial de neumáticos **Goodyear, Inc**. para la producción de cantidades industriales de caucho para neumáticos. Anuncian que su "bioisopreno" reemplaza los 7 galones de petróleo crudo que actualmente se necesitan para hacer un neumático de caucho sintético.[302]

1,3-Propanediol es un componente básico químico que puede utilizarse en plásticos, compuestos, adhesivos, laminados, revestimientos y como solvente en anticongelantes y pintura para madera. Si bien generalmente se produce como óxido de etileno (un derivado del petróleo), ahora ha sido producido por **Genencor** en levadura sintética como **Bio-PDO**, un precursor del bioplástico Sorona de **DuPont**. DuPont, en sociedad con **Tate & Lyle**, actualmente produce 45 mil toneladas anuales de Bio-PDO en su fábrica de Loudon, Tennessee, Estados Unidos, consumiendo anualmente 152 mil toneladas de maíz (ocupando una superficie de más de 16 mil hectáreas – aproximadamente el tamaño de Liechtenstein).[303] En junio de 2010, **DuPont** anunció una expansión del 35 % de su producción.[304] La empresa francesa de productos basados en biomasa, **METabolic Explorer** también hace Bio-PDO, convertido del glicerol, un aceite vegetal. La compañía estima que para 2020 el mercado mundial de PDO tendrá un valor de 1 300 millones de euros.[305] El **ácido succínico** es un bioproducto de la fermentación del azúcar, presente en la naturaleza. Es un primo químico cercano del **anhídrido maleico** – un producto químico derivado del petróleo, utilizado como materia prima común para productos alimenticios y farmacéuticos, surfactantes, descongelantes, refrigerantes, detergentes, plásticos, plaguicidas, fibras de vestimenta y solventes biodegradables. Como es posible transformar ácido succínico en anhídrido maleico, varias empresas compiten ahora para producir grandes cantidades de ácido succínico, tratando de conquistar un mercado que podría valer 2 500 millones de dólares por año.[306] Entre quienes desarrollaron el ácido succínico a partir de materiales biológicos figuran **DSM** y **Mitsubishi Chemicals**. **BASF** y **Purac** están trabajando en una fábrica de ácido succínico en España, y una fábrica de 2 mil toneladas por año ya funciona en Pomacle, Francia, utilizando bacterias mutantes E. coli para producir el ácido a partir de azúcares del trigo. La fábrica está dirigida por **Bioamber** – una empresa conjunta de la compañía biotecnológica estadounidense **DNP** y la francesa **ARD** (Agro-industrie Recherches et Developpements).[307] En 2010, la compañía de biología sintética con sede en los Estados Unidos, **Myriant**, recibió una donación de 50 millones de dólares del **Departamento de Energía de los Estados Unidos** para construir en Louisiana una fábrica para la producción de 14 mil toneladas de ácido succínico.[308]

El **etileno** es la materia prima gaseosa utilizada en la fabricación de plásticos, como **polietileno** (PE), **poliéster**, **cloruro de polivinilo** (PVC) y **poliestireno**, así como fibras y otros productos químicos orgánicos. El etileno, fabricado generalmente a partir de nafta o gas natural, también puede obtenerse como un producto secundario en la producción de etanol. En efecto, en la década de 1980 hubo compañías brasileñas que produjeron 160 mil toneladas de PVC y polietileno (PE) a partir del etanol, hasta que los precios mundiales del petróleo cayeron y las fábricas cerraron. En 2008 tres compañías químicas – **Braskem**, **Solavay** y **Dow Chemical** – anunciaron que reiniciarían la producción de PVC y PE biológicos en Brasil y Argentina, a partir de la caña de azúcar, llegando a 860 mil toneladas por año.[309]

Otras compañías a observar, que están utilizando química y biología sintética para crear productos químicos biológicos y plásticos son:

ADM/ Metabolix, BASF, Blue Marble, Cargill Natureworks, Codexis, Draths Corporation, DSM, DuPont, Genomatica, LS9, OPX Biotechnologies, Segetis, Solazyme, Qteros y **Zeachem.**

¿El futuro es (bio)plástico?

"Hay un gran futuro en los plásticos. Piénsalo." Ese fue el consejo susurrado al oído de Dustin Hoffman en la película de 1967 "El Graduado". Cincuenta años después, el único sector de la industria del plástico cuyo futuro todavía parece brillante es el de los bioplásticos.

Según fuentes calificadas, para 2020 la industria del bioplástico podría tener un valor de 20 mil millones de dólares.[310] El actual uso mundial de los bioplásticos ascendió en 2010 a más de medio millón de toneladas métricas, que podrían llenar cinco veces el edificio del Empire State. Si bien se espera que para 2015 su uso aumente a 3.2 millones de toneladas métricas,[311] eso es apenas una pequeña porción frente a los 200 millones de toneladas de resina plástica producidas por año[312] (si bien algunos analistas dicen que técnicamente es viable cambiar hasta el 90 % de los plásticos y pasar a materia prima biológica).[313]

Para la industria del plástico, hacerse ecológica es tanto la oportunidad comercial de mejorar su imagen como de proteger sus ganancias frente al aumento de los precios del petróleo. Los consumidores a menudo asumen que los bioplásticos cumplen automáticamente una regla de oro en materia de protección ambiental: la ruptura con el legado tóxico del vinilo, el bisfenol A (BPA) y los productos de poliestireno que ahora llenan los basureros y océanos del mundo. Sin embargo, a pesar de los intentos de "venderse" como "de la tierra" y "cercanos a la naturaleza", en los más importantes productores de bioplásticos son las mismas empresas contaminantes químicas y de los agronegocios, **Cargill** y **ADM**, que dominan el comercio mundial de granos. Son dos de los jugadores más importantes en el mundo de los bioplásticos mediante sus líneas Natureworks y Mirel, respectivamente. Otros actores claves son **DuPont**, **DSM**, **BASF** y **Dow Chemical** – cuatro de las mayores compañías químicas del mundo.



Botellas de plástico   Foto: Shea Bazarian

¿Los bioplásticos se biodegradan?

Algunos bioplásticos – como el bioplástico Mirel de ADM y los fabricados por Plantic – se descomponen en el ambiente o en los composteros domésticos, mientras que otros bioplásticos, incluso algunos vendidos como compostables, pueden tener dificultades para degradarse, salvo a largo plazo. Esto se cumple en especial con los bioplásticos que replican los productos químicos derivados del petróleo. El Sorona de **DuPont**, por ejemplo, no anuncia que se degrada en el ambiente, y tampoco el PVC y polietileno de **Braskem**. El principal bioplástico, el ácido poliláctico (PLA) de **Cargill**, vendido bajo la marca "Natureworks", se anuncia como un plástico "compostable" pero no se degrada en los composteros domésticos ni en el ambiente, sino que necesita ser llevado a composteros industriales donde es sometido a altas temperaturas.

Tampoco está claro cómo se descomponen los bioplásticos biodegradables. Estudios exhaustivos de los plásticos llamados degradables han demostrado que algunos sólo se descomponen en partículas plásticas más pequeñas, menos visibles, que son más fácilmente ingeridas por los animales. En efecto, los pequeños fragmentos plásticos de este tipo también podrían estar en mejores condiciones de atraer y concentrar contaminantes tales como el DDT y el PCB. Como ha señalado una fuente informada de la industria del plástico: "diseñar plásticos degradables sin asegurar que las poblaciones microbianas de la infraestructura de eliminación de residuos asimilen completamente los fragmentos degradados en un periodo de tiempo corto, tiene el potencial de dañar el ambiente más que si no estuvieran hechos para degradarse."[314]

¿Los bioplásticos pueden reciclarse?

Teóricamente los bioplásticos pueden reciclarse, pero en realidad hay pocas instalaciones, si es que existe alguna, que separen los nuevos biopolímeros de los otros plásticos. Cargill Natureworks, por ejemplo, insiste en que el PLA puede reciclarse. En realidad, este plástico puede confundirse con el polietileno Tereftalato (PET), utilizado para botellas plásticas, y por lo tanto puede en realidad obstaculizar los esfuerzos de reciclaje al contaminar las líneas de reciclaje existentes. En octubre de 2004, un grupo de recicladores pronunciaron una exhortación conjunta a Natureworks para que dejara de vender PLA para su aplicación en botellas hasta que se resolvieran cuestiones claves relacionadas con el reciclaje de PLA. En enero de 2005 la empresa estableció una moratoria a la venta de PLA "adicional" para la producción de botellas, pero comenzó a vender nuevamente PLA para botellas, aduciendo que los niveles de PLA en las líneas de reciclaje eran demasiado bajos como para ser considerados contaminantes.

En América del Norte se supone que los bioplásticos de los embalajes llevan el símbolo de “una flecha que se sigue a sí misma”, dentro de la categoría 7, aun cuando los protocolos industriales estipulan que el símbolo debe ser lo suficientemente discreto como para que no afecte las decisiones de compra de los consumidores.[315]

¿Los bioplásticos son tóxicos?

Una de las razones por las que los activistas contra los productos químicos tóxicos alientan activamente el desarrollo del sector bioplástico es porque es posible inventar nuevos polímeros a partir de cero y azúcar que se degrada más fácilmente en el ambiente o el cuerpo humano sin que existan productos derivados tóxicos. Sin embargo, como los químicos y “biólogos sintéticos” prefieren crear químicos idénticos a los componentes constituyentes derivados del petróleo, estamos empezando a ver los viejos productos químicos tóxicos, producidos de una fuente de carbono diferente (basada en las plantas). El PVC de origen biológico de **Solvay** es un ejemplo claro. El PVC ha sido atacado permanentemente por parte de activistas en pro de la salud ambiental, por su uso de ftalatos, un plastificador que provoca trastornos hormonales, y por la producción de dioxinas muy tóxicas en la fabricación, reciclaje y eliminación del PVC. Al igual que el PVC basado en el petróleo, la producción de PVC de origen biológico sigue requiriendo cloro en la producción. Como un grupo de investigación encomendado por la Asociación Europea de Bioplásticos fue forzado a admitir, “es poco probable que el uso de bioetileno reduzca el impacto ambiental del PVC con respecto a su potencial de toxicidad”.[316]

¿Los bioplásticos tienen una fuente sustentable?

Si alguien busca en Internet pistas sobre el origen de los bioplásticos, encontrará que la industria de los plásticos semeja una empresa de horticultura. En la página web del Mirel de **ADM** (plástico hecho de maíz o caña de azúcar) se muestran fotos de hierbas creciendo en un estanque. El sitio web de **Sphere Inc**., importante productor europeo de biopelículas está adornado con tulipanes aún cuando sus plásticos están hechos a partir de papas. Sorona, el bioplástico emblemático de **DuPont**, es publicitado con la imagen de una verde colina, mientras que el sitio web de “Natureworks” de **Cargill** muestra un montaje en el que aparecen tres hojas.

En realidad, tanto Natureworks como Sorona se derivan principalmente de maíz industrial modificado genéticamente, empapado de plaguicidas y, en el caso de Sorona, transformado por cubas de organismos sintéticos – sin hojas de árboles o hierbas a la vista. Por si fuera poco, los bioplásticos derivados del maíz plantean las mismas preocupaciones que la primera generación de biocombustibles en términos de su competencia con los alimentos. Según Bob Findlen, de la compañía de bioplásticos **Telles** a **Metabolix/ADM**, “si la industria de los bioplásticos crece hasta el 10 % de la industria de plásticos tradicionales, entonces necesitaremos alrededor de 100 mil millones de libras [45 359 toneladas] de almidón y no hay duda de que eso tendrá un efecto sobre las materias primas agrícolas”.[317]

Es inaceptable convertir alimentos en combustible en tiempos de hambre extrema; debería ser doblemente inaceptable convertir alimentos en bolsas de plástico.

Es inaceptable convertir alimentos en combustible en tiempos de hambre extrema; debería ser doblemente inaceptable convertir alimentos en bolsas de plástico.

Igual que los fabricantes de biocombustibles, los fabricantes de bioplásticos intentan salirse de la línea de fuego en la batalla entre alimentos y combustibles cambiando de materia prima. La caña de azúcar brasileña está particularmente en su mira. **Dow Chemical**, el mayor productor de polietileno del mundo, se asoció con el gigante brasileño del azúcar **Crystalsev** y en 2011 comenzará a producir polietileno (el plástico más ampliamente usado) derivado del azúcar de caña en una fábrica manufacturera con una capacidad de 317 mil toneladas por año.[318] La fábrica consumirá 7.2 millones de toneladas de caña de azúcar por año, para lo cual requiere como mínimo 1000 km^2 de tierra.[319]

En octubre de 2010, la mayor empresa petroquímica de Brasil, Braskem, abrió una fábrica de 278 millones de dólares destinada a producir 181 mil toneladas anuales de polietileno a partir de etanol de caña de azúcar. **Braskem** ya aseguró contratos para abastecer a **Johnson & Johnson**, **Proctor & Gamble**, a la compañía de cosméticos **Shiseido** y al **Grupo Toyota**.[320] Mientras tanto, en su nueva botella Plant Bottle, **Coca-Cola** utiliza PET de origen biológico, a partir de caña de azúcar brasileña, en una proporción de un tercio de los componentes de fabricación – lo que recibió un aval entusiasta del WWF (World Wide Fund for Nature), cuyo ejecutivo declaró que “es otro gran ejemplo de su liderazgo en cuestiones ambientales”.[321]

Como ya se ha señalado, las plantaciones brasileñas de caña de azúcar son objeto de feroces críticas por su impacto social y ambiental.

Mientras tanto, incluso los plásticos fabricados a partir de la humilde papa, como el "Bioplast" de Stanelco, también son motivo de preocupación por su forma producción. Environmental Working Group, un grupo estadounidense de control ciudadano considera que las papas tienen uno de los límites más altos de residuos de plaguicidas en alimentos.[322]

Cultivos transgénicos, biología sintética y nanotecnología

Los vínculos entre la ingeniería genética y los bioplásticos están por todos lados. En marzo de 2010, el primer cultivo modificado genéticamente en lograr aprobación en Europa en toda una década fue una papa transgénica con alto contenido de almidón de **BASF**, destinada pura y exclusivamente al mercado de los bioplásticos.[323] Mientras tanto el maíz, la principal materia prima de los bioplásticos, en casi todo el mundo se obtiene de cultivos transgénicos. De hecho, sólo tres grandes empresas productoras de bioplásticos, la italiana **Novamont**, la alemana **Pyramid Bioplastics** y **EarthCycle** de Canadá, ofrecen su producto como no transgénico, si bien Natureworks de **Cargill** ofrece una propuesta bizarra en la que los compradores pueden "compensar" el uso de transgénicos en su producto pagando a Cargill para que compre una cantidad específica de maíz no transgénico. La ingeniería genética se aplica también para crear un bioplástico de próxima generación, que produce el plástico directamente en la propia planta. **Metabolix Inc.**, con sede en Boston, ha utilizado biología sintética para manipular una variedad de pasto que produce el bioplástico polihidroxibutirato (PHB) en 3.7 % del tejido de su hoja. Metabolix dice que las hojas deben producir 5 % de PHB para ser comercialmente viables. El pasto manipulado sintéticamente ya está en etapa de experimentación en invernaderos.[324] El riesgo de contaminación del suministro de alimentos por los "cultivos plásticos" es, obviamente, una enorme preocupación ambiental y de salud. Mientras tanto, las mismas secuencias de genes manipulados se incorporan en microbios sintéticos que transforman el maíz en 50 mil toneladas de bioplástico Mirel en una instalación en Iowa (Estados Unidos), en una empresa conjunta entre **Metabolix** y **ADM**. El bioplástico Sorona de **DuPont** es producido de manera similar por levadura que contiene ADN sintético y Amyris Biotechnologies también usa levadura sintética para convertir el azúcar de la caña en botellas PET a través de su colaboración con M&G, el mayor fabricante de botellas plásticas del mundo.

Bioplásticos: compiten con los alimentos, no son biodegradables, refuerzan la agricultura industrial y nos adentran aún más en la ingeniería genética, la biología sintética y la nanotecnología. Es difícil entusiasmarse con el supuesto futuro ecológico que nos quiere vender la industria de los bioplásticos.

La nanotecnología también figura prominentemente en el "mundo feliz" de los bioplásticos. Preocupados de que los biopolímeros puedan tener bajas propiedades de barrera (es decir, que puedan dejar pasar aire o líquido), las compañías de bioplásticos están añadiendo nanopartículas a sus plásticos para mejorarlos. Por ejemplo, **Cereplast**, que produce cubiertos de plástico, pajitas para bebidas, platos y tazas, utiliza nanopartículas para mejorar la resistencia del plástico PLA al calor.[325]

¿Pueden hacerse bioplásticos de manera sostenible?

Bioplásticos: en manos de empresas, compiten con los alimentos, no son biodegradables, refuerzan la agricultura industrial y nos adentran aún más en la ingeniería genética, la biología sintética y la nanotecnología. Es difícil entusiasmarse con el supuesto futuro ecológico que nos quiere vender la industria de los bioplásticos, aunque haya serios intentos por lograrlo. Uno de ellos es de Sustainable Biomaterials Collaborative (SBC) - una red de 14 grupos de la sociedad civil y "empresarios éticos" que trabaja para definir un bioplástico verdaderamente sostenible. Uno de sus fundadores, Tom Lent, de The Healthy Building Network explica que SBC comenzó porque "no se cumplió con la promesa de los bioplásticos". Su colega de SBC, Brenda Platt, del Institute for Local Self-Reliance reconoce que actualmente el término "plástico sostenible" es más una paradoja que una realidad, pero es optimista con respecto a cambiarlo. "Sin duda tenemos mucho camino por recorrer pero hemos estado bastante activos y considero que ya estamos haciendo una diferencia", expresa.[326] SBC ha publicado unas extensas directrices para bioplásticos sustentables (Sustainable Bioplastic Guidelines), disponibles en línea, basadas en 12 principios que van desde evitar cultivos transgénicos, plaguicidas y nanomateriales hasta apoyar los medios de sustento de los agricultores. Sin embargo, los principios no abordan las implicaciones en materia de justicia global, competencia con los alimentos, derechos sobre la tierra o propiedad y concentración empresarial. El uso de organismos sintéticos en biorrefinerías también es considerado aceptable por SBC.[327]

Conclusiones: ¡el asalto a La Tierra!

Contradicciones de la biomasa: los defensores de la biomasa que insisten en que la mezcla de materias primas de biomasa con las nuevas tecnologías brindará la solución a nuestra crisis energética, alimentaria y ambiental deberían considerar ser más realistas o por lo menos reconciliar su propia retórica. Mayoritariamente, el apoyo sin críticas a la visión de la biomasa proviene de las mismas agencias y think-tanks que también nos han dicho reiteradamente que para 2050 la población mundial habría aumentado en un 50 % y la demanda de alimentos en casi 100 %. Advirtieron (correctamente) que el cambio climático, en el mejor de los casos, tornaría erráticas las cosechas y, en el peor de los casos, reduciría la producción industrial de alimentos en todo el mundo entre un 20 y un 50 %. También anuncian (erróneamente) que necesitamos utilizar más productos químicos en las parcelas, más productos químicos para poder usar las tierras marginales, y para que los hábitats en peligro no se destinen a la producción de cultivos. Sin embargo, al mismo tiempo, esos responsables de políticas públicas dicen que ciertas tecnologías que todavía están en etapa de experimentación no solamente harán todo bien sino que harán que esté bien imponer nuevas demandas monumentales a nuestros suelos y agua en nombre de reemplazar el carbono fósil por biomasa viva.

¿La burbuja de la bioeconomía? Luego de no haber podido predecir el colapso de la burbuja del punto com, de las hipotecas de alto riesgo, del pico de precios de los alimentos y del colapso del sistema bancario – todo en una década – la OCDE habla ahora de una "Economía Verde" totalmente nueva como el "próxima milagro" que rescatará a sus industrias. Con ello está creando una nueva mitología en torno a la noción de que la biomasa viva puede aprovecharse para una nueva revolución industrial que mantendrá los actuales niveles de producción y consumo sin dañar el planeta. Este colonialismo económico más disimulado sigue necesitando las tierras y el agua del Sur global. Se quiere presentar como un regalo tecnológico que permitirá que África, Asia y América Latina se beneficien del cambio climático. En el proceso, la bioeconomía podría desestabilizar los mercados de materias primas – y concentrar el poder de la OCDE – contando con un recurso que podría colapsar de ser utilizado en exceso.

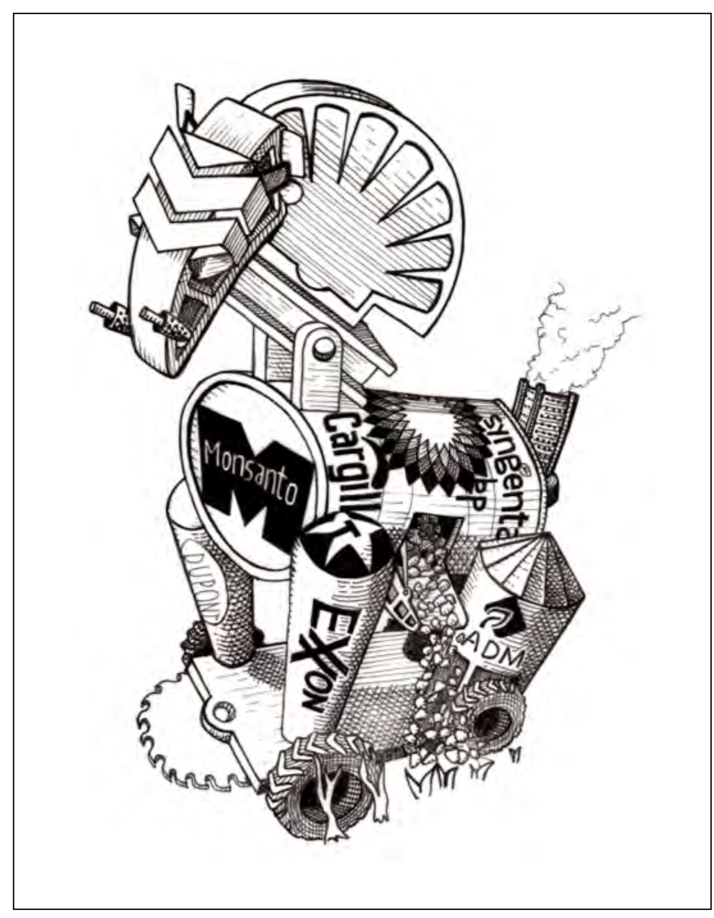


Ilustración:Colectivo La Colmena

Biología sintética: ¡hagan sus apuestas señores! – Lo absurdo se convierte en existencial cuando tenemos en cuenta los remiendos tecnológicos que se proponen. La biología sintética dice poder rediseñar el ADN para construir especies nuevas con características nunca antes vistas en la naturaleza. Presumiendo que esto sea posible, se nos pide que creamos que esos organismos experimentales no serán una amenaza para nuestra economía o nuestros ecosistemas.

Si están contenidos en biorrefinerías – a pesar de la proliferación de sitios de producción y las cantidades en juego – se nos dice que existe escaso peligro de contaminación ambiental y que esas nuevas biofábricas pueden ser abastecidas de manera sustentable. Otros con similar soberbia nos habían dicho que la energía nuclear sería segura y muy barata de controlar; que la era química terminaría con el hambre y las enfermedades; que la biotecnología también terminaría con el hambre y las enfermedades – y que no contaminaría; y hace poco, que el cambio climático probablemente era un producto de la imaginación. En otras palabras, se trata de hacer apuestas sobre Gaia (y nuestros niños) utilizando formas de vida experimental a partir de hipótesis no probadas. Más que un acaparamiento de la biomasa o un acaparamiento de tierras, esto es un asalto al planeta.

Recomendaciones: hacia una regulación democrática global del uso de la biomasa

Recomendaciones inmediatas:

1. **La sociedad civil:** la sociedad civil y, en especial, los movimientos sociales – quienes se ven o se verán afectados por la nueva bioeconomía – necesitan unirse. Esto abarca a comunidades indígenas y campesinas que luchan contra la expansión del agronegocio en el movimiento por la soberanía alimentaria y aquéllos y aquéllas preocupados por la protección de los bosques, la justicia climática, los productos químicos tóxicos, la conservación de los mares, la protección de los desiertos, los derechos al agua y muchos otros más. Necesitamos urgentemente una conversación entre los movimientos y una gran coalición para analizar, enfrentar y confrontar a los nuevos Amos de la Biomasa.

2. **Mandatos, objetivos y subvenciones:** los gobiernos nacionales deben revisar su apoyo a los biocombustibles, a la biotecnología industrial y a la bioeconomía en términos más generales, a la luz de los posibles impactos sobre el Sur, la biodiversidad y otros compromisos internacionales en materia de desarrollo. Los mandatos, objetivos y subvenciones existentes para biocombustibles, bioproducción y producción de bioelectricidad deberían abandonarse a favor del objetivo de reducir la producción y el consumo generales. El dinero de los gobiernos destinado a la investigación debería apoyar la evaluación de los costos ecológicos y sociales de la bioeconomía, especialmente los biocombustibles de la próxima generación -como los combustibles en base a algas, celulosa e hidrocarburos - y la biología sintética.

3. **Definiciones legítimas:** el uso de biomasa no es "neutral en carbono" y rara vez es "renovable" desde la perspectiva de un ecosistema, y no debería ser presentado como tal. Es necesario revisar las reglas de contabilidad del carbono, tanto a escala nacional como internacional, de modo que reflejen el verdadero costo que tendría sobre la biodiversidad – y el carbono – la eliminación, el procesamiento y el uso de la biomasa, incluidas las emisiones por el cambio en el uso de la tierra, y que refleje el tiempo que llevaría volver a almacenar ese carbono. El costo para las comunidades que ya dependen de esa vida vegetal también debería hacerse evidente y calcularse.

4. **Cambio climático:** la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) debe cambiar radicalmente su apoyo institucional y financiero a la bioenergía y la mercantilización de la biomasa. La CMNUCC debería revisar las reglas del Protocolo de Kyoto referidas a la contabilidad del carbono para reflejar el hecho de que las estrategias de la biomasa industrial no son neutrales en carbono (ver 3 arriba). Deben tomarse medidas para eliminar la biomasa de las metodologías aprobadas por el Mecanismo de Desarrollo Limpio, las propuestas REDD+ y el programa PFAN de la iniciativa Climate Technology Initiative (CTI). Las nuevas tecnologías sobre la biomasa y los nuevos usos de la biomasa no deberían considerarse aptos para recibir financiamiento a través de los mecanismos destinados a hacer frente al cambio climático ni de cualquier otro futuro mecanismo vinculado a la biodiversidad que movilice dinero para la innovación.

5. **Biodiversidad:** se debería encomendar al Convenio de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB) su temprana consideración de la biología sintética y la economía de la biomasa y debería tomar un rol de liderazgo en la exploración de las posibles consecuencias para la diversidad biológica. En el espíritu del principio de precaución, el CDB debería aplicar una moratoria de facto sobre la liberación ambiental y el uso comercial de formas de vida nuevas construidas a través de la biología sintética, en espera de mayores estudios y acuerdos precautorios y transparentes sobre la gobernanza.

6. **Alimentos, bosques, agua y agricultura:** la FAO y, en especial, su Comisión de Recursos Genéticos y el Órgano Rector del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura deberían estudiar las consecuencias de la biología sintética y el acelerado acaparamiento de la biomasa sobre la seguridad alimentaria, los cultivos, el ganado, las especies acuáticas y los bosques. Junto con la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y el Desarrollo), la FAO también debería examinar las consecuencias sobre los mercados de materias primas y el monopolio.

7. Derechos humanos: los procedimientos especiales del Consejo de Derechos Humanos de Naciones Unidas, incluidos los relatores especiales sobre el derecho a la alimentación, el derecho al agua, los derechos de los Pueblos Indígenas, así como el Representante Especial del Secretario General sobre empresas transnacionales y derechos humanos, y el experto independiente sobre pobreza extrema, deberían realizar una investigación conjunta sobre las consecuencias que traería la biología sintética y la nueva bioeconomía al pleno goce de los derechos humanos, particularmente para aquellos individuos, comunidades y países cuyas tierras se verían afectadas por la búsqueda de nuevas fuentes de biomasa.

8. Propiedad privada: la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) debería realizar una investigación inmediata del alcance y las consecuencia de las recientes patentes y solicitudes de patente relacionadas con la biología sintética, en función de las preocupaciones de orden público.

9. La "Economía Verde": los gobiernos deben considerar cuidadosamente el papel propuesto y la posible repercusión de la Economía Verde tal como está siendo presentada para la Cumbre Río+20 en Brasil, en 2012. El proceso preparatorio de Río+20 debería alentar un debate público mundial sobre todas las cuestiones socioeconómicas, ambientales y éticas relacionadas con la utilización de la biomasa, la biología sintética y la gobernanza de nuevas e incipientes tecnologías en general.

10. Gobernanza ambiental: el Grupo de Gestión Ambiental del Sistema de Naciones Unidas debería llevar a cabo un estudio profundo de las consecuencias de la nueva bioeconomía, particularmente en los medios de sustento, la biodiversidad y los derechos de las comunidades afectadas. El estudio debe dar participación a todos los gobiernos y a la más amplia gama de partes interesadas, especialmente los pueblos indígenas y comunidades campesinas y del bosque.

Para el futuro cercano:

11. Gobernanza tecnológica: reconociendo que las nuevas herramientas de transformación de la biomasa, tales como la biología sintética, son solo parte de un conjunto de nuevas poderosas tecnologías a nanoescala que tienen vastas aplicaciones para la economía y el ambiente, los gobiernos que se reunirán en Río+20 deberían adoptar un proceso de negociación que conduzca a un Tratado Internacional para la Evaluación de las Nuevas Tecnologías (ICENT por su sigla en inglés), de carácter jurídicamente vinculante. Este tratado debería permitir el monitoreo de las tecnologías nuevas más importantes por parte de los gobiernos y todas las personas afectadas.

Anexo: Quiénes producirán los biocombustibles de próxima generación

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Abengoa Bioenergy	Instalaciones de bioenergía en España, Brasil y Estados Unidos	Cereales (incluyendo trigo) / paja de trigo, rastrojo de maíz	Etanol celulósico	CIEMAT (España), Universidad de Lund, NREL (Estados Unidos), Universidad de Auburn
AE Biofuels	Montana, Estados Unidos	Pasto varilla, semilla de pasto, paja de pasto, tallo de maíz, bagazo, maíz, caña de azúcar	Etanol celulósico	
AlgaeLink, N.V.	Yerseke, Holanda	Algas	Biocrudo	KLM (proyecto para producir combustible para aviones a partir de algas)
Algafuel	Lisboa, Portugal	Algas	Biocrudo	INETI (Instituto Nacional de Energía, Tecnología e Innovación de Portugal)
Algasol Renewables	Baleares, España	Algas	Biocrudo	
Algenol Biofuels	Florida, Estados Unidos y México	Algas	Etanol celulósico	BioFields, Dow Chemical Co., Valero Energy, Linde Gas, Georgia Tech, Universidad de la Costa del Golfo de Florida
Amyris Biotechnologies Inc. (Amyris Brasil, SA y Amyris Fuels, LLC)	Sao Paulo, Brasil; California, Estados Unidos	Azúcares fermentables, caña de azúcar	Hidrocarburos (farmaseno)	Crystalsev, Santelisa Vale, Votarantim, Total, Mercedes Benz, Procter & Gamble, Departamento de Defensa de Estados Unidos, Bunge, Cosan, M&G Finanziaria
Aurora Algae	California, Estados Unidos; Perth, Australia	Algas	Biocrudo	Noventi Ventures, Gabriel Venture Partners
BBI BioVentures LLC	Colorado, Estados Unidos	Flujo de desechos existente de materias primas que requieren poco / ningún tratamiento (en desarrollo)	Etanol celulósico	Fagen Inc.
BFT Bionic Fuel Technologies AG	Gross-Gerau, Alemania	Pelotillas (pellets) de paja	Hidrocarburos; diesel, aceite para calefacción	OFT Aarhus (Dinamarca)

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
BioFuel Systems SL	Alicante, España	Algas	Biocrudo	
BioGasol	Ballerup, Dinamarca	Varios tipos de pastos, desechos de jardín, paja, fibras de maíz	Etanol, biogas, metano hidrogenado	Siemens, Alfa Laval, Grundfos, Universidad de Aalborg, Ostkraft, Tate & Lyle, Agro Tech AS, NNE Pharmaplan
BioMCN	Delfzijl, Holanda	Glicerina cruda	Metanol	Waterland, Econcern, Teijin, NOM
BioMex, Inc.	California, Estados Unidos	Astillas de madera (aserrín), pasto varilla	Metil haluros, biogasolina	
BlueFire Ethanol	California, Estados Unidos e Izumi, Japón	Aserrín	Etanol celulósico	
Borregard Industries, LTD	Sarpsborg, Noruega	Licor sulfuroso derivado del procesamiento de la pícea	Celulosa, lignina, bioetanol	
BP Biofuels	Luisiana, California y Texas, Estados Unidos; Brasil	Pasto elefante	Etanol celulósico	En 2010, BP Biofuels adquirió el negocio de biocombustibles de Verenium, Galaxy Biofuels, LLC y Vercipia Biofuels; tiene alianza estratégica con DuPont (véase Butamax)
Butamax Advanced Biofuels	Delaware, Estados Unidos	Pastos, tallos de maíz	Biobutanol	Alianza estratégica: BP Biofuels y DuPont; Kingston Research Ltd (Hull, Reino Unido) es también una alianza entre BP Biofuels y DuPont para la producción de Biobutanol
Carbona, Inc.	Finlandia y Estados Unidos	Residuos forestales	Combustibles Fischer-Tropsch	GTI (Gas Technology Institute), UPM-Kymmene (pulpa y aserraderos)
Catchlight Energy	Washington, Estados Unidos	Madera adicionada con pastos perennes, residuos	Etanol celulósico	Alianza estratégica: Chevron y Weyerhauser
Cellana	Hawai, Estados Unidos	Algas	Biocombustibles y forraje	Alianza estratégica: Royal Dutch Shell y HR Biopetroleum; varias universidades + Bodø University College, Noruega

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Chemrec AB	Pitea, Suecia	Residuos de pulpa y papel	bioDME (dimetil-éter)	Volvo, Haldor Topsøe, Preem, Total, Delphi, ETC
CHOREN Technologies GmbH	Freiberg, Alemania	Astillas secas de madera y residuos forestales	Combustible sintético de biomasa a líquido	Shell, Daimler, Volkswagen
Colusa Biomass Energy Corporation	California, Estados Unidos	Paja de arroz, cáscara de arroz, rastrojo de maíz, mazorca de maíz, paja y cáscara de trigo, astillas de madera y aserrín	Etanol celulósico, sílica / óxido de sodio, lignina	
Coskata Inc.	Pensilvania, Florida e Illinois, Estados Unidos	Residuos agrícolas y forestales, astillas de madera, bagazo, residuos sólidos municipales	Etanol celulósico	GM, Globespan Capital Partners, Blackstone Group, Sumitomo, Arancia Industrial, Kholsa Ventures, Total
CTU (Clean Technology Universe)	Winterthur, Suiza; planta demostrativa en Güssing, Austria	Madera, maíz, pastos, ensilado de cosechas completas	Gas sintético	Universidad Tecnológica de Viena (Austria), Instituto Paul Scherrer (Suiza), Repotec (Austria)
Cutec-Institut GmbH Clausthal-Zellerfeld,	Alemania	Paja, madera, ensilado seco, residuos orgánicos	Combustibles Fischer-Tropsch	
DuPont Danisco Cellulosic Ethanol, LLC (DDCE)	Tennessee, Estados Unidos	Tallos y hojas de maíz, mazorcas y fibras de maíz, pasto varilla	Etanol celulósico	Genera Energy (Universidad de Tennessee)
Dynamic Fuels, LLC	Luisiana, Estados Unidos	Grasas animales, grasas de cocina usadas	Diesel, combustible para aviones	Coinversión 50-50: Syntroleum Corporation y Tyson
ECN (Energy Research Centre of the Netherlands)	Alkmaar y Petten, Holanda	Astillas de madera	SNG (Gas Natural Sintético / Sustituto)	HVC
Enerkem	Plantas comerciales en Alberta y Quebec, Canadá y en Misisipi, Estados Unidos	Residuos municipales, residuos agrícolas y forestales	Etanol y bioetanol	Braemar Energy Ventures, Departamento de Energía de Estados Unidos, Natural Resources Canada, Greenfield Ethanol, Inc.

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Envergent Technologies	Illinois, Estados Unidos	Residuos agrícolas y forestales	Aceite de pirólisis avanzada para servir como gasolina, diesel y combustible de avión	Alianza estratégica: Ensyn y UOP (Honeywell)
EtanolPiloten (Planta Piloto de Etanol)	Örnsköldsvik, Suecia	Residuos forestales	Etanol celulósico	Universidad de Umeå, Universidad Tecnológica de Luleå y la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas
Flambeau River Biofuels, LLC	Wisconsin, Estados Unidos	Cortezas, aserrín, madera y residuos forestales	Energía eléctrica, vapor y calor, diesel, cera	Departamento de Energía de Estados Unidos
Frontier Renewable Resources, LLC	Michigan, Estados Unidos	Astillas de madera	Etanol, lignina	Subsidiaria de Mascoma
Fulcrum BioEnergy	California, Estados Unidos	Residuos sólidos municipales	Etanol celulósico	US Renewables Group y Rustic Canyon Partners
Gevo	California, Estados Unidos	Maíz	Bio-isobutanol	Cargill, Total, Virgin Group, Lanxess
Green Star Products, Inc.	California, Estados Unidos; Naboomspruit, Sudáfrica	Algas	Biodiesel	DeBeers Fuel, Ltd.
Gulf Coast Energy, Inc.	Florida, Estados Unidos	Astillas de maíz	Etanol	
HHR Biopetroleum	Hawai, Estados Unidos	Algas	Biodiesel	Royal Dutch Shell (véase Cellana)
IMECAL	Valencia, España	Residuos cítricos (cáscaras, semillas y pulpa)	Bio-etanol	CEIMAT, Ford España y AVEN
Inbicon (subsidiaria de DONG Energy)	Kalundborg, Dinamarca	Paja de trigo, pelotillas (pellets) de madera	Etanol	Genencor (Danisco), Novozymes y Statoil
Iogen	Idaho, Estados Unidos; Ontario y Saskatchewan, Canadá	Paja de trigo, paja de cebada, hojas y tallos de maíz, pasto varilla, paja de arroz	Etanol celulósico	Royal Dutch Shell, Petro-Canada y Goldman Sachs
Joule Biotechnologies	Massachusetts, Estados Unidos	Algas que convierten la luz y el CO2	Diesel	
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	Karlsruhe, Alemania	Paja	Gas sintético	Lurgi GmbH

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
KL Energy Corporarion	Wyoming, Estados Unidos	Madera (pino ponderosa), bagazo de la caña de azúcar	Etanol celulósico	Petrobras America, Inc.
LanzaTech New Zealand, Ltd.	Auckland, Nueva Zelanda (plantas en China, Nueva Zelanda y Estados Unidos)	Gases residuales industriales	Etanol	Henan Coal y Chemical Industrial Corporation, Boasteel (China), Qiming Ventures, Softbank China Venture Capital, Khosla Ventures, K1W1
Lignol Energy Corporation	Columbia Británica, Canadá y Colorado, Estados Unidos	Residuos agrícolas y forestales	Etanol, lignina	Departamento de Energía de Estados Unidos, Novozymes, Kingspan Group PLC
LS9	California y Florida, Estados Unidos	Melaza de caña de azúcar, astillas de madera, residuos agrícolas y sorgo	Biogasolina, biodiesel	Chevron, Procter & Gamble, Khosla Ventures
Mascoma	Nueva Hampshire y Nueva York, Estados Unidos	Astillas de madera, pasto varilla, residuos agrícolas	Etanol, lignina	Flagship Ventures, General Motors, Khosla Ventures, Atlas Venture, General Catalyst Partners, Kleiner Perkins Caufield & Byers, VantagePoint Venture Partners, Marathon Oil
M&G (Gruppo Mossi & Ghisolfi) / Chemtex	Rivalta, Italia	Hojas y tallos de maíz, paja, cáscaras, biomasa de madera	Etanol celulósico	
M-real Hallein AG	Hallein, Alemania	Licor sulfuroso derivado del procesamiento de la pícea	Etanol celulósico	
Neste Oil	Porvoo, Finlandia; Rotterdam, Holanda; Tuas, Singapur	Aceite de palma, aceite de colza y grasas animales	Biodiesel	Consejo de Desarrollo Económico de Singapur
NSE Biofuels Oy	Varkaus, Parvoo e Imatra, Finlandia	Residuos forestales	Combustibles Fischer-Tropsch	Alianza estratégica: Neste Oil y Stora Enso, JV; Foster Wheeler, Centro de Investigación Técnica de Finlandia (VTT), Ministerio de Industria de Finlandia

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Pacific Ethanol	Oregón, Estados Unidos	Paja de trigo, hojas y tallos de maíz, residuos del álamo	Etanol, biogas, lignina	BioGasol, LLC, Instituto Conjunto de Bioenergía del Departamento de Energía de Estados Unidos (Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley y Laboratorios Nacionales Sandia)
PetroAlgae	Florida, Estados Unidos	Algas	Biocrudo	Asesorías e Inversiones Quilicultura (Chile), EcoFrontier (Corea del Sur), Foster Wheeler (Estados Unidos)
Petrosun	Arizona, Estados Unidos	Algas	Aceite, etanol	
POET	Dakota del Sur, Estados Unidos	Mazorcas de maíz	Etanol celulósico	Novozymes
Procethol 2G Consortium	Marne, Francia	Varias fuentes de biomas	Etanol celulósico	Miembros del Consorcio: Agro industrie Recherches et Développements (ARD), Confédération Générale des Betteraviers (CGB), Champagne Céréales, Crédit Agricole du Nord-Est, Institut Français du Pétrole (IFP), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Lesaffre, Office National des Forêts (ONF), Tereos, Total y Unigrains
Qteros, Inc.	Massachusetts, Estados Unidos	Residuos municipales	Etanol celulósico	Camros Capital, LLC, BP, Soros Fund, Long River Ventures, Valero Energy Corporation, Venrock Associates, Battery Ventures
Queensland University of Technology	Brisbane, Australia	Bagazo de la caña de azúcar	Etanol celulósico	Mackay Sugar Ltd., Sugar Research Ltd., Viridian pty Ltd., Hexion

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Range Fuels	Colorado y Georgia, Estados Unidos	Pino de Georgia, maderas duras y pino de Colorado infestado	Etanol celulósico, metanol	Khosla Ventures, Departamentos de Energía y Agricultura de Estados Unidos, Passport Capital, BlueMountain, Leaf Clean Energy Company, Morgan Stanley, PCG Clean Energy & Technology Fund (Georgia)
Sapphire Energy	Arizona, Estados Unidos	Algas	Biocrudo	ARCH, Wellcome Trust, Cascade Invesmtent (Bill Gates), Venrock Associates
SEKAB Industrial Development AB	Örnsköldsvik, Suecia	Astillas de madera y bagazo de la caña de azúcar	Etanol celulósico	
SGC Energia	Portugal, Austria y Nuevo México, Estados Unidos	Algas		Global Green Solutions, Oxford Catalysts Group PLC
Syngenta Centre for Sugarcane Biofuels Development	Brisbane, Australia	Bagazo de la caña de azúcar	Etanol celulósico	Universidad Tecnológica de Queensland (QUT), Farmacule Bioindustries, Gobierno de Queensland, Gobierno Federal de Australia y Syngenta
Synthetic Genomics, Inc.	California y Maryland, Estados Unidos	Algas, azúcar	Biocrudo, biogasolina, combustible para aviones	ExxonMobil, BP, Genting Group, Life Technologies, Novartis, Draper Fisher Juvetson, Meteor Group, Biotechonomy, Plenus, Asiatic Centre for Genome Technology
Solazyne	California, Estados Unidos	Algas	Biodiesel, biogasolina, combustible para aviones	Chevron, Unilever, Marina de Estados Unidos, Bunge, Virgin Group, San El Gen, Harris & Harris Group, Braemar Energy Ventures, Lightspeed Venture Partners, VantagePoint Venture Parnters, Roda Group

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Solix Biofuels	Colorado, Estados Unidos	Algas	Biocrudo	Laboratorio Nacional Los Alamos (Estados Unidos), Valero Energy Corp., Hazen Research
Southern Research Institute	Carolina del Norte, Estados Unidos	Pino de Carolina del Norte	Aceites, lignina, azúcares fermentables	HCL CleanTech (Israel)
SunDrop Fuels	Colorado, Estados Unidos	Paja de arroz, paja de trigo, pasto elefante, sorgo, pasto varilla, madera	Gasolina, diesel, combustibles para la aviación	Kleiner Perkins Caufield & Byers, Oak Investment Partners
SynGest, Inc.	Iowa, Estados Unidos	Hojas y tallos de maíz	Bio-amoniaco	Iowa Power Fund y la Oficina para la Independencia Energética del Estado de Iowa
Universidad Técnica de Dinamarca (DTU)	Copenhague, Dinamarca	Paja de trigo, fibra de maíz	Etanol, biogas, lignina	BioSystems, Cambi A/S, Novozymes
Tembec Chemical Group	Quebec, Canadá	Licor sulfuroso derivado del procesamiento de la pulpa de madera	Etanol celulósico	
Terrabon, Inc.	Texas, Estados Unidos	Residuos sólidos municipales, lodos del drenaje, estiércol, residuos agrícolas	Etanol, alcoholes mixtos, varias sustancias químicas	Universidad Texas A&M, Valero Energy Corp.
TetraVitae Bioscience	Illinois, Estados Unidos	Materias primas celulósicas	Biobutanol	
TMO Renewables, Ltd.	Surrey, Reino Unido	Inicialmente maíz, después diversas materias primas celulósicas	Etanol celulósico	Fiberight, LLC
TransAlgae, Ltd.	Texas, Estados Unidos y Ashdod, Israel	Algas	Enzimas	Raanan, Endicott Biofuels, Compañía Eléctrica de Israel
United States Envirofuels, LLC	Florida, Estados Unidos	Sorgo dulce, caña de azúcar	Etanol celulósico	
Verenium Corporation	Massachusetts, Estados Unidos	En julio de 2010, BP adquirió el negocio de biocombustibles celulósicos de Verenium, pero esta empresa continúa vendiendo enzimas a los productores de biocombustibles		BASF, Bunge, Cargill, Danisco

Empresa	Ubicación	Materias primas / Materias primas previstas	Productos / Futuros productos	Socios e inversionistas
Verdezyne, Inc.	California, Estados Unidos	Pasto varilla, cáñamo, hojas y tallos de maíz, madera		Novozymes, Genencor, Syngenta, Lallemand Ethanol Technology, OVP Venture Partners, Monitor Ventures, Tech Coast Angels, Life Science Angels
Universidad Tecnológica de Viena	Güssing, Austria	Gas sintético derivado de la gasificación	Combustibles Fischer-Tropsch	Repotec GmbH, Biomasse Kraftwerk Güssing
Virent Energy Systems	Wisconsin, Estados Unidos	Azúcares y almidones	Gasolina, combustible para aviones, diesel	Shell, Cargill
Weyland AS	Blomsterdalen, Noruega	Madera de coníferas, aserrín, paja de arroz, mazorcas de maíz y bagazo	Etanol celulósico	Consejo Noruego para la Investigación, Fana Stein & Gjenvinning AS, Sarsia Seed, Bergen University College
Xethanol Corporation	Florida, Estados Unidos	Cáscaras de cítricos	Etanol celulósico	Renewable Spirits, LLC
ZeaChem Inc.	Oregón y Colorado, Estados Unidos	Árboles, caña de azúcar	Etanol celulósico, varias sustancias químicas	Greenwood Resources, Departamento de Energía de Estados Unidos, Stark Venture Investors, Cargill, Honda, Advantage Capital

Notas

1. La cifra de 17 billones de dólares es, en el mejor de los casos, una estimación aproximada del valor de los mercados afectados, derivada de la combinación del volumen de ventas estimadas de los siguientes sectores: gastos globales en alimentos, 8.5 billones; el mercado global de la energía, 5 billones; el mercado global de la química, 3 billones; el mercado global de textiles, 577 mil millones; el mercado global de productos de papel, 100 mil millones; el comercio mundial de carbón, 144 mil millones y el mercado global de aditivos para la alimentación animal, 15.4 millones.
2. Red de Información sobre Reservas de Materias Primas para la Bioenergía, del Gobierno de Estados Unidos, "Bioenergy and Biomass. Frequently Asked Questions", disponible en Internet: http://bioenergy.ornl.gov/faqs/index.html#resource
3. H. Haberl et al., "Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in Earth's terrestrial ecosystems", *Proceedings of the National Academy of Sciences* of the USA, 104, 2007, pp. 12942-12947.
4. Testimonio de David K. Garman ante el Comité de Agricultura, Nutrición y Silvicultura, Senado de Estados Unidos, Programa de Biomasa del Departamento de Energía, 6 de mayo de 2004. Disponible en Internet: www1.eere.energy.gov/office_eere/congressional_test_050604.html
5. Michael Graham Richard, "Geneticist Craig Venter Wants to Create Fuel from CO2", Treehugger, 29 de febrero de 2008. Disponible en Internet: www.treehugger.com/files/2008/02/craig-venter-fuel-co2-ted-conference.php
6. Agencia de Información Energética de Estados Unidos (EIA), "International Petroleum (Oil) Consumption", Independent Statistics and Analysis, International Energy Annual, 2006. Tabla 3.5: "World Apparent Consumption of Refined Petroleum Products, 2005". Disponible en Internet: www.eia.doe.gov/emeu/international/oilconsumption.html
7. Agencia Internacional de Energía, "Key World Energy Statistics", EIA, París, 2008. Disponible en Internet: www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key_stats_2008.pdf
8. H. Danner y R. Braun, "Biotechnology for the Production of Commodity Chemicals from Biomass", *Chemical Society Review*, n. 28, 1999, pp. 395-405.
9. Stan Davis y Christopher Meyer, "What Will Replace the Tech Economy?" Revista *Time*, 22 de mayo de 2000. Disponible en Internet: www.time.com/time/magazine/article/0,9171,997019,00.html
10. Timothy Gardner, "U.S. ethanol rush may harm water supplies: report", Reuters, 10 de octubre de 2007. Disponible en Internet: www.reuters.com/article/idUSN1036472120071010
11. Véase por ejemplo, Pushpam Kumar (ed.), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. An output of TEEB: The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, Earthscan, octubre de 2010.
12. Glosario de Términos sobre Cambio Climático, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Disponible en Internet: www.epa.gov/climatechange/glossary.html
13. Glosario, Asociación de la Industria de la Biotecnología (BIO). Disponible en Internet: www.bio.org/speeches/pubs/er/glossary_b.asp
14. Simonetta Zarilli (ed.), "The Emerging Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Implications", Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), Nueva York, 2006. Disponible en Internet: www.unctad.org/templates/webflyer.asp?docid=7754&intItemID=2068&lang=1&mode=downloads
15. Planet Ark, "UK builds 5th power plant to burn cattle carcasses", 27 de febrero de 2001. Publicado en Internet en: www.planetark.org/dailynewsstory.cfm?newsid=9931
16. William Haynes, Celullose: *The Chemical that Grows*, Nueva York, Doubleday & Co., 1953.
17. D. Klemm et al., "Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material", en *Angewandte Chemie*, 2005, v. 44, n. 22, pp. 3358-3393.
18. Mariam B. Sticklen, "Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol", en *Nature Reviews Genetics*, n. 9, junio de 2008, pp. 433-443.
19. D. Klemm et al., *op. cit.*, pp. 3358-3393.
20. Theodore H. Wegner y Philip E. Jones, "Advancing cellulose-based nanotechnology", *Cellulose*, v. 13, 2006, pp. 115-118.
21. Oficina de Ciencia del Departamento de Energía de Estados Unidos, "Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol: A Joint Research Agenda", en A Research Roadmap Resulting from the Biomass to Biofuels Workshop, 7-9 de diciembre de 2005. Disponible en Internet: http://genomicscience.energy.gov/biofuels/b2bworkshop.shtml
22. Jeff Caldwell, "Bioeconomy development key to future of Iowa, the world", *High Plains/Midwest AG Journal*, 4 de abril de 2004. Disponible en Internet: www.hpj.com/archives/2004/apr04/BioeconomydevelopmentkeytofCFM
23. Dr. Jeffrey Siirola, "Vignettes on Energy Challenges", Presentación de PowerPoint, AICHE Energy Forum, Cincinnati, Ohio, Estados Unidos, 30 de octubre de 2005. Disponible en Internet: www.aiche.org/uploadedFiles/Energy/Forum_Vignettes.pdf
24. Rosalie Lober, "Big oil and Biofuels – Are you out there?", en *Biofuels Digest*, 21 de septiembre de 2010. Publicado en Internet: http://biofuelsdigest.com/bdigest/2010/09/21/big-oil-and-biofuels-%E2%80%93-are-you-out-there/
25. Richard Brenneman, "BP Chief Scientist Named Undersecretary of Energy", *Berkeley Daily Planet*, 25 de marzo de 2009.

26. David King, "The Future Of Industrial Biorefineries", Foro Económico Mundial, 2010.

27. Aaron Ruesch y Holly K. Gibbs, "New IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map For the Year 2000", Centro de Análisis de la Información sobre el Dióxido de Carbono (CDIAC), Laboratorio Nacional Oak Ridge, Oak Ridge, Tennessee. Disponible en Internet: http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/global_carbon/carbon_documentation.html.

28. Kisaburo Nakata, "Characterization of Ocean Productivity Using a New Physical-Biological Coupled Ocean Model Global Environmental Change in the Ocean and on Land", en M. Shiyomi et al. (eds.) Global Environmental Change in the Ocean and on Land, Terrapub, 2004, pp. 1–44. Disponible en Internet: www.terrapub.co.jp/e-library/kawahata/pdf/001.pdf

29. David King, *op. cit.*

30. Antonio Regalado, "Searching for Biofuel's Sweet Spot," Technology Review, April 2010. Posted online at: www.technologyreview.in/energy/24979/

31. *Ibid.*

32. John Melo, Serie Nasdaq CEO Shareholder, Entrevista en video, septiembre de 2010. Disponible en Internet: www.shareholder.com/visitors/event/build2/mediapresentation.cfm?companyid=NSDSIG&mediaid=44068&mediauserid=4760447&player=2

33. La expresión "la Arabia Saudita de la biomasa" aparece en muchos lugares, usualmente como una afirmación espuria de los intereses locales de la industria forestal. Véanse, por ejemplo, las afirmaciones en Joe Belanger, "Canada poised to become the Saudi Arabia of biomass energy, conference told", London Free Press, 11 de marzo de 2009. Disponible en Internet: http://checkbiotech.org/node/25081

34. Véase Elizabeth A. Nelson et al., "Combating Climate Change Through Boreal Forest Conservation: Resistance, Adaptation, and Mitigation", Informe elaborado para Greenpeace Canada, Facultad de Silvicultura, Universidad de Toronto, 2008, 52 p. Disponible en Internet: www.greenpeace.org/canada/en/campaigns/boreal/resources/documents/combating-cc-boreal-forest-preservation

35. Jeremy Hance, "Monoculture tree plantations are 'green deserts' not forests, say activists", en mongabay.com, 19 de septiembre de 2008. Disponible en Internet: http://news.mongabay.com/2008/0919-plantations_hance.html.

36. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), "World Agriculture: Towards 2015/2030", Disponible en Internet: www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e06.htm

37. Michael P Russelle et al., "Comment on "Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass", en Science, ?v. 316. n. 5831, 15 de junio de 2007, p. 1567. Disponible en Internet: www.sciencemag.org/cgi/content/full/316/5831/1567b

38. FAO, "World Agriculture: Towards 2015/2030", *op. cit.*

39. Ann Dornfeld, "Company Turns Toxic Blooms into Alternative Energy", 10 de noviembre de 2008. Disponible en Internet: www.voanews.com/english/news/a-13-2008-11-10-voa30-66735142.htm

40. Steven Koonin et al., "Industrial Biotechnology: Sustainable Climate Change Solutions", Resumen de las Memorias del 5º Congreso Anual Mundial sobre Biotecnología Industrial y Bioprocesamiento, Chicago, 27-30 de abril de 2008.

41. David Morris, "The Once and Future Carbohydrate Economy", The American Prospect, 19 de marzo de 2006. Disponible en Internet: www.prospect.org/cs/articles?articleId=11313

42. David Morris e Irshad Ahmed, "The Carbohydrate Economy: Making Chemicals and Industrial Materials from Plant Matter", The Institute for Local Self-Reliance, 1993.

43. Neil McElwee, "Products from Petroleum", Oil 150, 2008. Disponible en Internet: www.oil150.com/essays/2008/04/products-from-petroleum

44. David Morris e Irshad Ahmed, *op. cit.*

45. AIE (Agencia Internacional de Energía), "2010 Key World Energy Statistics", París, 2010, p. 37. Disponible en Internet: www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf

46. Alfred Nordmann et al., "Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies", *Informe Preliminar del Grupo de Trabajo sobre Escenarios*, Grupo de Expertos de Alto Nivel, 2004, p. 3. Disponible en Internet: http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/ntw/pdf/final_report_en.pdf

47. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), "U.S. Biobased Products: Market Potential and Projections Through 2025", Oficina del Economista en Jefe, Oficina de Política Energética y Nuevos Usos, USDA, 2008.

48. David King, "The Future of Industrial Biorefineries", Foro Económico Mundial, 2010.

49. Pike Research, "Market Value of Biomass-Generated Electricity to Reach $53 Billion by 2020", Comunicado de prensa, 27 de julio de 2010.

50. David King, *op. cit.*

51. Alex Salkever, "Global biofuels market to hit $247 billion by 2020", Daily Finance, 24 de julio de 2009. Disponible en Internet: http://srph.it/9WK10g

52. Clay Boswell, "Bio-based chemicals take a steadily increasing portion of the chemical market as environmental issues come to the fore", ICIS.com 5 de febrero de 2007. Publicado en línea en: www.icis.com/Articles/2007/02/12/4500686/bio-based-chemicals-sales-climb-with-environmental-issues.html

53. BIOtech-Now.org, "Green Is Good: Industrial Biotechnology Makes Headway with Renewable Alternatives", 18 de agosto de 2010. Disponible en Internet: http://biotech-now.org/section/industrial/2010/08/18/greengood-industrial-biotechnology-makes-headway-renewable-alternatives

54. U.S. Biobased Products, "Market Potential and Projections Through 2025", Oficina del Economista en Jefe, Oficina de Política Energética y Nuevos Usos, Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Preparado conjuntamente por la Oficina de Política Energética y Nuevos Usos, el Centro para la Investigación y Servicios Industriales de la Universidad Estatal de Iowa, Informa Economics, el Instituto de Biotecnología de Michigan y el Windmill Group. OCE-2008-1.

55. Comunicado de prensa, "Bio-renewable Chemicals Emerge as the Building Blocks of the Chemical Industry, Finds Frost & Sullivan", Frost & Sullivan, 17 de marzo de 2009. Publicado en línea en: www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=162155942

56. David King, *op. cit.*

57. Helmut Kaiser, "Bioplastics Market Worldwide 2007-2025", Helmut Kaiser Consultancy, Estudio de mercado hkc22.com. Disponible en Internet: www.hkc22.com/bioplastics.html.

58. Simon Upton, "Subsidies to biofuels: A time to take stock", Global Subsidies Initiative, octubre de 2007. Publicado en línea en: www.globalsubsidies.org/en/subsidy-watch/commentary/subsidies-biofuels-a-time-take-stock

59. Gobvinda R. Timilsina, "Biofuels in Developing Countries: Policies and Programs", Banco Mundial, Presentación ante la Tercera Conferencia Berkeley sobre la Bioeconomía, Universidad de California en Berkeley, 24-25 de junio de 2010. Publicado en línea en: www.berkeleybioeconomy.com/presentations-2/govinda-biofuel-policies-and-programs

60. Mark Bunger y Samhitha Udupa "Webinar presentation Lux Research Biosci State of the Market: Finding Exits for Biofuels and Biomaterials Investors", 17 de noviembre de 2009.

61. Jim Carlton, "Investment in Clean Technology Suffers Steep Quarterly Decline", *Wall Street Journal Technology Blog*, 7 de enero de 2009.

62. Rebecca Buckman, "Betting on Green", *Wall Street Journal*, 11 de febrero de 2008.

63. Red sobre Políticas en Energías Renovables para el Siglo XXI (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21), "Renewables 2010: Global Status Report", París, secretariado de la REN21, 2010.

64. David King, *op. cit*.

65. Jeff Caldwell, *op. cit.*

66. Gary Hutton et al., "Evaluation of the costs and benefits of household energy and health interventions at global and regional levels", World Health Organization (WHO), 2006. Disponible en Internet: www.who.int/indoorair/publications/household_energy_health_intervention.pdf

67. Joe DeCapua, "U.N. Report says 1.6 Billion Still Lack Access to Electricity", *VOA News*, 28 de abril de 2010. Disponible en Internet: www.voanews.com/english/news/africa/decapua-un-energy- 28apr10-92323229.html

68. Paul Starkey, "Animal Power in Development: Some Implications for Communities", *Community Development Journal*, v. 22, n. 3, 1987, pp. 219-227. Disponible en Internet: http://cdj.oxfordjournals.org/content/22/3/219.extract

69. Fundación Gaia *et al.*, "Agrofuels and the Myth of Marginal Lands", Resumen, septiembre de 2008. Disponible en Internet: www.watchindonesia.org/Agrofuels&MarginalMyth.pdf

70. *Ibíd.* Una versión del reporte en español se encuentra en: www.scielo.cl/pdf/polis/v7n21/art02.pdf

71. Goran Berndes *et al.,* "The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies", *Biomass and Bioenergy,* 28 de octubre de 2002. Disponible en Internet: www.chem.uu.nl/nws/www/publica/Publicaties2003/E2003-40.pdf

72. Fundación Gaia *et al*., *op. cit.*

73. Edward Smeets, *et al.,* "A quickscan of global bio-energy potentials to 2050", *Bio-EnergyTrade,* marzo de 2004. Disponible en: www.bioenergytrade.org/downloads/smeetsglobalquickscan2050.pdf

74. John Melo, *op. cit*.

75. GRAIN, "¡Se adueñan de la Tierra! El proceso de acaparamiento agrario por seguridad alimentaria y de negocios en 2008", Reporte de GRAIN, octubre de 2008. Disponible en Internet: www.grain.org/briefings/?id=214

76. Banco Mundial, "Rising Global Interest in Farmland: Can It Yield sustainable and equitable benefits?", Washington, DC, Banco Mundial, septiembre de 2010, p. 35. Disponible en Internet: www.donorplatform.org/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,1505

77. GRAIN, *op. cit*.

78. Amigos de la Tierra Europa, "Africa: up for grabs", FOE, agosto de 2010. Disponible en Internet: www.foeeurope.org/agrofuels/FoEE_Africa_up_for_grabs_2010.pdf

79. Banco Mundial, "Rising Global Interest in Farmland: Can It Yield sustainable and equitable benefits?", *op. cit*., p. 35.

80. *Ibíd*, p. 8.

81. Amigos de la Tierra Internacional, "Biofuels for Europe driving land grabbing in Africa", Comunicado de prensa, FOEI, 30 de agosto de 2010.

82. Heinrich Unland, citado en "Old Wood is New Coal as Polluters Embrace Carbon-Eating Trees", *Bloomberg News,* 1 de junio de 2009. Disponible en Internet: www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=ardNIC7rNzQE

83. Econ Poyry, "Global Aspects of Bioenergy Imports", Comisionado por Nordic Energy Research, Informe 2008-056. Disponible en: www.nordicenergy.net/_upl/report_6_r-2008-056.pdf

84. Gero Becker *et al.,* "Mobilizing Wood Resources: Can Europe's Forests Satisfy the Increasing Demand for Raw Material and Energy under Sustainable Forest Management?", Documentos de discusión de Geneva Timber and Forest, n. 48, Memorias del Taller de Naciones Unidas, enero de 2007. Disponible en: www.unece.org/timber/docs/dp/dp-48.pdf

85. Stephen Leahy, "Trees: Out of the Forest and Into the Oven", IPS (Agencia Inter Press News), 24 de septiembre de 2009. Disponible en: http://ipsnews.net/news.asp?idnews=48574

86. John Cary, "The Biofuel Bubble", *BusinessWeek*, Bloomberg, 16 de abril de 2009. Disponible en Internet: www.businessweek.com/magazine/content/09_17/b4128038014860.htm

87. *Ibíd*.

88. Lynn Grooms, "Corn Stover to Ethanol: No Slam Dunk, Corn and Soybean", *Digest,* 30 de noviembre de 2008. Disponible en Internet: http://cornandsoybeandigest.com/corn/corn_stover_ethanol_1108/

89. "Add invasive species to list of biofuels concerns", Mongabay.com. Disponible en Internet: http://news.mongabay.com/2006/0922-invasive.html

90. Comité Asesor sobre Especies Invasivas (Invasive Species Advisory Committee), "Biofuels: Cultivating Energy, not Invasiveness", adoptado el 11 de agosto de 2009. Disponible en Internet: www.doi.gov/NISC/home_documents/BiofuelWhitePaper.pdf

91. Hilda Díaz-Soltero, "U.S. Department of Agriculture Report to the Invasive Species Advisory Council", Departamento de Agricultura de Estados Unidos, , 22 de abril de 2010. Disponible en: www.invasivespeciesinfo.gov/docs/resources/usdaisac2010apr.doc

92. George Monbiot, "Woodchips with everything. It's the Atkins plan of the low-carbon world", *The Guardian,* 24 de marzo de 2009. Disponible en: www.guardian.co.uk/environment/2009/mar/24/george-monbiot-climatechange-biochar

93. Gregory Morris, "Bioenergy and Greenhouse Gases", Green Power Institute-Programa de Energía Renovable de The Pacific Institute, mayo de 2008. Disponible en Internet: www.pacinst.org/reports/Bioenergy_and_Greenhouse_Gases/Bioenergy_and_Greenhouse_Gases.pdf

94. Universidad Estatal de Oregón, "Old Growth Forests Are Valuable Carbon Sinks", *Science Daily*, 14 de septiembre de 2009. Disponible en Internet: www.sciencedaily.com/releases/2008/09/080910133934.htm

95. World Resources Institute, "Global Carbon Storage in Soils", EarthTrends: Portal de Información Ambiental. Véanse los niveles de los suelos indicados en el mapa. Disponible en Internet: http://earthtrends.wri.org/text/climate-atmosphere/map-226.html

96. National Archives, "Stern Review final report", Oficina del Tesoro de Gran Bretaña. Disponible en Internet: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm Véase también la página 1 del Anexo 7. Disponible en: http://www.hm-treasury.gov.uk/d/annex7f_land_use.pdf

97. *Ibíd*.

98. Rastrojo de maíz: lo que es dejado en el campo después de la cosecha es esencial para los nutrientes de las plantas y es un amortiguador que protege el suelo de las perturbaciones naturales y humanas. Su remoción indiscriminada para usos industriales podría afectar adversamente la fertilidad y productividad del suelo. El artículo "Corn Stover Removal for Expanded Uses Reduces Soil Fertility and Structural Stability", de Humberto Blanco-Canquia y R. Lal, publicado por el *Society of American Soil Science Journal*, n. 73, pp. 418-426, 2009, documentó, a lo largo de cuatro años, el impacto de la remoción sistemática del rastrojo en parcelas seleccionadas, midiendo y comparando indicadores de fertilidad y de estabilidad estructural en tres terrenos en el estado de Ohio. La remoción completa del rastrojo redujo el nivel total de nitrógeno, en promedio, en 820 kilogramos por hectárea en suelos limosos. Redujo también la disponibilidad de fósforo en 40 % y afectó la capacidad de intercambio de cationes. El potasio intercambiable (K+) decreció 15 % en los suelos limosos en los que la remoción del rastrojo fue menor a 75 %, y la reducción aumentó a 25 % cuando la remoción fue completa. El impacto más adverso de la remoción del rastrojo se observó en suelos con pendiente y en aquellos propensos a la erosión.

99. GRAIN, "La agricultura campesina puede enfriar el planeta", GRAIN, noviembre de 2009. Presentación multimedia disponible en: www.grain.org/o/?id=95

100. El Potencial de Calentamiento Global (GWP, Global Warming Potential) del óxido nitroso (N_2O) es equivalente a 298 veces el del dióxido de carbono (CO_2) en un horizonte medible de cien años, de acuerdo con información del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (2007). Para más detalles sobre los potenciales de calentamiento global actualizados por el IPCC, véase: www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2.html

101. Keith Bradsher y Andrew Martin, "Shortages Threaten Farmers' Key Tool: Fertilizer", *New York Times*, 30de abril de 2008.

102. G. Kongshaug, "Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Fertilizer Production", IFA (Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes o International Fertilizer Industry Association) Conferencia Técnica, Marrakech, Marruecos, 28 de septiembre-1 de octubre de 1998.

103. *Science Daily,* "Land Clearing Triggers Hotter Droughts, Australian Research Shows", *ScienceDaily,* 31 de octubre de 2007. Disponible en Internet: www.sciencedaily.com/releases/2007/10/071027180556.htm

104. IPCC, *IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001*, WG III, Sección 3.6.4.3, "Energy Cropping". Disponible en Internet: www.grida.no/publications/other/ipcc%5Ftar/?src=/climate/ipcc_tar/

105. IPCC, *IPCC Fourth Assessment Report*, WGII, p. 13, punto 11.

106. Marshal Wise *et al.,* "Implications of Limiting CO2 Concentrations for Land Use and Energy", en *Science,* v. 324. n. 5931, pp. 1183-1186, AAAS, 29 de mayo de 2009. Disponible en Internet: www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/324/5931/1183

107. Timothy Searchinger *et al.*, “Fixing a Critical Climate Accounting Error”, en *Science*, v. 326, 23 de octubre de 2009. Disponible en Internet: www.princeton.edu/~tsearchi/writings/Fixing%20a%20Critical%20Climate%20Accounting%20ErrorEDITEDtim.pdf

108. Universidad de Princeton, “Study: Accounting Error undermines climate change laws”, Comunicado de prensa, 22 de octubre de 2009.

109. Jutta Kill, “Sinks in the Kyoto Protocol. A Dirty Deal for Forests, Forest Peoples and the Climate”, Sinkswatch, julio de 2001.

110. Véanse las líneas base y tecnologías de monitoreo aprobadas por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático. Publicadas en Internet: http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/approved.html

111. Jorgen Fenhann, The UNEP Risoe CDM Pipeline, actualizado el 01 de enero de 2011. Publicado en Internet en: http://cdmpipeline.org/cdm-projects-type.htm#3

112. El 30 de septiembre de 2010, un CER se intercambiaba por alrededor de 13.70 Euros. Fuente: “EEX Trading Results For Natural Gas And CO_2 Emission Rights In September”. Disponible en Internet: www.mondovisione.com/index.cfm?section=news&action=detail&id=93324

113. Oscar Reyes, “Carbon market ‘growth’ is mainly fraudulent, World Bank report shows”, Carbon Trade Watch, 20 de julio de 2010. Disponible en Internet: www.carbontradewatch.org/articles/carbon-market-growth-ismainly-fraudulent-world-bank-report.html

114. Chris Lang, “REDD: An Introduction”, REDD Monitor. Disponible en Internet: www.redd-monitor.org/reddan-introduction/

115. CTI PFAN Development Pipeline: Resumen del Proyecto, mayo-julio de 2010.

116. “Carbon mapping breakthrough”, Comunicado de prensa, Carnegie Institute, Universidad de Stanford, 6 de septiembre de 2010.

117. Rhett A. Butler, “Peru’s rainforest highway triggers surge in deforestation, according to new 3D forest mapping”, mongabay.com, 6 de septiembre de 2010.

118. Acerca de la Iniciativa de la Economía Verde, véase: www.unep.org/greeneconomy/AboutGEI/tabid/1370/Default.aspx

119. HSBC Global Research, “A Climate for Recovery: The colour of stimulus goes green”, 25 de febrero de 2009, in www.globaldashboard.org/wp-content/uploads/2009/HSBC_Green_New_Deal.pdf

120. Departamento de Energía de Estados Unidos, “Basic Research Needs for Solar Research Energy”. Disponible en Internet: www.sc.doe.gov/bes/reports/files/SEU_rpt.pdf

121. Vaclav Smil, *Global Catastrophes and Trends: The Next Fifty Years*, Boston, MIT Press, 2008, p. 83.

122. Saul Griffith, *Climate Change Recalculated*, Shoulder High Productions, DVD, 2009, 90 minutos.

123. Daniel G. Nocera, “On the future of global energy”, *Daedalus,* v. 135, n. 4, otoño de 2006, pp. 112-115. Disponible en Internet: www.mitpressjournals.org/toc/daed/135/4

124. Christopher B. Field *et al*., “Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components”, en *Science*, v. 281, n. 5374, 10 de julio de 1998, pp. 237-240.

125. Red de Información sobre Materias Primas Bioenergéticas (Bioenergy Feedstock Information Network). Disponible en Internet: http://bioenergy.ornl.gov/faqs/index.html#resource

126. Helmut Haberl *et al.*, “Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth’s terrestrial ecosystems”, Memorias de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (PNAS), v. 104, 12942-12947. Disponible en Internet: www.pnas.org/content/104/31/12942.abstract

127. Brent Sohngen *et al*., “Forest Management, Conservation, and Global Timber Markets” *American Journal of Agricultural Economics*, v. 81, n. 1, febrero de 1999.

128. Chris Lang, “Banks, Pulp and People: A Primer on Upcoming International Pulp Projects”, Urgewald EV, junio de 2007. Disponible en Internet: www.greenpressinitiative.org/documents/BPP_A_FIN_2.pdf

129. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), “African forests: a view to 2020”, *Forestry Outlook Study for Africa,* 2003. Disponible en Internet: www.fao.org/forestry/outlook/fosa/en/

130. Helmut Haberl et al., “Global human appropriation of net primary production (HANPP)”, The Encyclopedia of the Earth, 29 de abril de 2010. Haberl apunta que el uso de la biomasa está asociado a considerables requerimientos previos en la cadena productiva: El volumen de biomasa que realmente entra dentro del procesamiento socioeconómico (6.07 Kg. C/año) y que posteriormente es reprocesado para convertirse en productos derivados de la biomasa, como comida, forraje, fibras textiles o energía es sólo apenas superior a un tercio (39 %) de la apropiación humana de la producción primaria neta (HANPP). De hecho, las cifras expuestas en Krausmann et al., sugieren incluso que, en promedio, el consumo final global de una tonelada de biomasa requiere la cosecha de 3.6 toneladas de biomasa primaria y está asociado con una producción primaria neta derivada del cambio de uso de suelo (NPPLC) de 2.4 toneladas. En conjunto, esto implica que, promediando globalmente todas las regiones y productos de la biomasa, una tonelada de biomasa usada en la producción, resulta en 6 toneladas de apropiación humana de la producción primaria neta, medida como materia seca. Artículo disponible en Internet: www.eoearth.org/article/Global_human_appropriation_of_net_primary_production_(HANPP)

131. Worldwatch Institute, “Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture Energy in the 21st Century”, agosto de 2007, p. 79. www.worldwatch.org/bookstore/publication/biofuels-transport-global-potential-and-implicationssustainable-agriculture-a

132. Véase www.maweb.org/documents/document.439.aspx.pdf

133. WWF, “Living Planet Report 2006”, Sociedad Zoológica de Londres y Global Footprint Network, 2006. Disponible en Internet: http://assets.panda.org/downloads/living_planet_report.pdf

134. IUCN, “Red List of Threatened Species”, International Union for the Conservation of Nature, 2008. Disponible en Internet: www.iucnredlist.org

135. Millenium Ecosystem Assessment, “Ecosystems and Human Well-Being”, World Resources Institute, 2005.

136. FAO, “State of the World’s Forests 2007”, Roma, 2007. Disponible en Internet: www.fao.org/docrep/009/a0773e/a0773e00.HTM

137. Página electrónica de la Global Footprint Network, “At a Glance”. www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/at_a_glance/

138. *Ibíd*.

139. MSNBC, “Humans will need two Earths: Global footprint left by consumption is growing, conservationists argue”, último acceso: 8 de octubre de 2010. Disponible en Internet: www.msnbc.msn.com/id/15398149/

140. Vaclav Smil, *op. cit*.

141. Carta al Presidente Henry Waxman y al Presidente Edward Markey, de Grassroots Groups, 23 de abril de 2009.

142. DC Nepstad *et al*., “Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, febrero de 2008.

143. TN Chase *et al*., “Teleconnections in the Earth System”, *Encyclopedia of Hydrological Sciences*, Reino Unido, John Wiley & Sons, 2007, pp. 2849-2862.

144. Johan Rockstrom *et al*., “A Safe Operating Space for Humanity”, *Nature*, n. 461, pp. 472-476, 24 de septiembre de 2009.

145. Almuth Ernsting y Deepak Rughani, “Climate Geoengineering With Carbon Negative Bioenergy: Climate saviour or climate endgame?”, página electrónica de Biofuelwatch. Disponible en: www.biofuelwatch.org.uk/docs/cnbe/cnbe.html

146. Universidad de Purdue, “GM Tree Could be Used for Cellulosic Ethanol, Fast-Growing Trees Could Take Root as Future Energy Source”, Comunicado de prensa, 24 de agosto de 2006. Disponible en: http://news.mongabay.com/2006/0824-purdue2.html.

147. Jessica Hancock *et al*., “Plant growth, biomass partitioning and soil carbon formation in response to altered lignin biosynthesis in Populus tremuloides”, *New Phytoligist*, v. 173, n. 4, 2007, pp. 732-742.

148. Solicitud de patente WO2010034652A1, Plantas transgénicas con rendimiento incrementado, BASF, mayo de 2010.

149. Phil McKenna, “Emission control”, *New Scientist*, 25 de septiembre de 2010.

150. Debora McKenzie, “Supercrops: fixing the flaws in photosynthesis”, *New Scientist*, 14 de septiembre de 2010.

151. *Ibíd*.

152. “Hydrogen from Water in a Novel Recombinant Cyanobacterial System”, Instituto J. Craig Venter. Publicado en Internet: www.jcvi.org/cms/research/projects/hydrogen-fromwater- in-anovel-recombinant-cyanobacterial-system/overview/

153. Solicitud de Patente WO07140246A2, Métodos y composiciones para incrementar la biomasa en plantas perennes modificadas genéticamente usadas para biocombustibles, Junta de Gobernadores para la Educación Superior, Estado de Rhode Island, junio de 2009.

154. Betsy Cohen, “URI professor turns on biofuel ‘switch’”, *The Good 5 Cigar,* Periódico Estudiantil de la Universidad de Rhode Island, 13 de junio de 2009. Véase también, “Switchgrass research aims to create ethanol to power vehicles for $1 per gallon”, Página electrónica de la Universidad de Rhode Island, 4 de diciembre de 2006. Disponible en Internet: www.uri.edu/news/releases/?id=3793

155. Comunicado del Grupo ETC, *A la caza de genes “climáticos”*. Disponible en Internet: http://www.etcgroup.org/es/node/5252

156. Correo electrónico dirigido a Geoengineering list serve, de Stuart Strand, 17 de septiembre de 2010. Archivado en línea en: www.mail-archive.com/geoengineering@googlegroups.com/msg03809.html

157. Rebecca Lindsay, “Global Garden Gets Greener”, Observatorio Terrestre de la NASA, Artículo principal, 5 de junio de 2003. Disponible en Internet: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalGarden/

158. Universidad de Washington, “Global Warming Fix? Some Of Earth’s Climate Troubles Should Face Burial At Sea, Scientists Say”, *Science Daily,* 29 de enero de 2009. Disponible en Internet: www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090128212809.htm

159. Miriam Goldstein, “Will dumping cornstalks into the ocean sequester carbon?”, *The Oysters Garter,* página electrónica, publicado el 11 de febrero de 2009. Disponible en: http://theoystersgarter.com/2009/02/11/willdumpingcornstalksinto-the-ocean-sequester-carbon/

160. Correo electrónico dirigido a Geoengineering list serve, de Gregory Benford, 10 de septiembre de 2010. Archivado en: www.mail-archive.com/geoengineering@googlegroups.com/msg03777.html

161. Para mayor antecedente sobre la fertilización oceánica, véase el Comunicado del Grupo ETC, “Geopiratería: Argumentos contra la geo-ingeniería”, 24 de noviembre de 2010. Disponible en Internet: www.etcgroup.org/es/node/5240

162. A. Strong, J. Cullen y S.W. Chisholm, “Ocean Fertilization: Science, Policy, and Commerce”, *Oceanography*, v. 22, n. 3, 2009, pp. 236-261.

163. Almuth Ernsting y Deepak Rughani, *op. cit*.

164. Peter Read, “Biosphere Carbon Stock Management”, *Climatic Change*, v. 87, n. 3-4, 2007, pp. 305-320.

165. “Espagiria” es el nombre dado a la producción de hierbas medicinales mediante procedimientos alquímicos.

166. Peter Aldhous, “Interview: DNA’s messengers”, *New Scientist*, n. 2626, 18 de octubre de 2007.

167. Para una introducción a la biología sintética, véase Grupo ETC, “Extreme Genetic Engineering: an Introduction to Synthetic Biology”, enero de 2007. Disponible en Internet: www.etcgroup.org/en/node/602

168. Respecto a los genes bacteriales en el maíz, véase Ric Bessin, "Bt Corn: What it is and How it Works", Universidad de Kentucky, Colegio de Agricultura, enero de 2004. Disponible en Internet: www.ca.uky.edu/entomology/entfacts/ef130.asp Respecto a los genes humanos en el arroz, véase Bill Freese et al., "Pharmaceutical Rice in California: Potential Risks to Consumers, the Environment and the California Rice Industry", Departamento de Servicios de Salud de California, julio de 2004. Disponible en Internet: www.consumersunion.org/pdf/rice04.pdf

169. J.B. Tucker, y R.A. Zilinskas, "The Promise and Perils of Synthetic Biology" *New Atlantis*, primavera de 2006.

170. Para una descripción introductoria de los campos de la Teoría de los Sistemas de Desarrollo y la Epigenética, véase Jason Scott Robert *et al*., "Bridging the gap between developmental systems theory and evolutionary developmental biology", *Bio-Essays*, n. 23, pp. 954-962, 2001.

171. Véase, por ejemplo, W. Wayt Gibbs, "Synthetic Life", *Scientific American*, mayo de 2004.

172. Holger Breithaupt, "The Engineer's approach to biology", *EMBO Reports*, v. 7 n. 1, 2006, pp. 21-23.

173. *Ibíd*.

174. Erik Millstone *et al*., "Beyond Substantial Equivalence", *Nature*, 7 de octubre de 1999. Disponible en Internet: www.mindfully.org/GE/Beyond-Substantial-Equivalence.htm

175. Roger Highfield, "Malaria drug to be made from 'synthetic biology' organism", *The Daily Telegraph*, Reino Unido, 03 de junio de 2008.

176. M. Garfinkel *et al*., "Synthetic Genomics: Options for Governance", octubre de 2007.

177. J.B. Tucker y R.A. Zilinskas, *op. cit*.

178. Michael Rodemeyer, "New Life in old bottles: Regulating first generation products of synthetic biology", Informe publicado por el Woodrow Wilson Centre for Scholars, marzo de 2009. Véase la nota a pie en la página 28.

179. Comunicación del Grupo Europeo sobre Ética en la Ciencia y las Nuevas Tecnologías (European group on Ethics in Science and New Technologies) a la Comisión Europea, "Ethics of Synthetic Biology: Opinion n. 25", 17 de noviembre de 2009.

180. Robert Sanders, "Keasling and Cal: A perfect fit", *UC Berkeley News,* 13 de diciembre de 2004. Disponible en Internet: http://berkeley.edu/news/media/releases/2004/12/13_keasling.s html

181. David Roberts, "LS9 Promises Renewable Petroleum", *Huffington Post*, 30 de julio de 2007.

182. Craig Rubens, "DOE Cultivating Cellulosic Biofuels", *GigaOm*, 27 de febrero de 2008. Disponible en: http://gigaom.com/cleantech/doecultivating-cellulosic-biofuels/

183. Mascoma, "What is Consolidated Bioprocessing (CBP)?". Disponible en Internet: www.mascoma.com/pages/sub_cellethanol04.php. Para más información sobre LS9, véase www.ls9.com/technology/

184. Susanna Retka Schill, "UCSF engineers microbes to produce methyl halides", *Biomass Magazine,* abril de 2009. Disponible en Internet: www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=2582

185. Anna Austin, "Cutting-Edge Co-Culture", *Biomass Magazine,* julio de 2009. Disponible en: www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=2815&q=&page=all

186. M.T. Holmes, E.R. Ingham, J.D. Doyle y C.W. Hendricks, "Effects of Klebsiella planticola SDF20 on soil biota and wheat growth in sandy soil", *Applied Soil Ecology*, n. 11, 1999, pp. 67-78.

187. Sharon Kennedy, "No risk from microbrewery to winemaker", ABC News, 31 de marzo de 2010. Disponible en Internet: www.abc.net.au/local/stories/2010/03/31/2861391.htm

188. "Biofuel enzyme developer Verenium achieves technical milestone, receives $500,000 from Syngenta", *Biopact,* 8 de enero de 2008. Disponible en Internet: http://news.mongabay.com/bioenergy/2008/01/biofuel-enzyme-developer-verenium.html

189. "Agrivida and Codon Devices to partner on third-generation biofuels", *Biopact,* 3 de agosto de 2007. Disponible en Internet: http://news.mongabay.com/bioenergy/2007/08/agrividia-and-codon-devices-to-partner.html

190. Daphne Preuss, "Synthetic Plant Chromosomes", Chromatin, Inc., Presentación en Synthetic Biology 4.0, Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong, 10 de octubre de 2008.

191. Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste (Pacific Northwest National Laboratory), "Live Wires: Microbiologist Discovers Our Planet Is Hard-Wired With Electricity-Producing Bacteria," *Science Daily,* 10 de julio de 2006. Disponible en Internet: www.sciencedaily.com/releases/2006/07/060710181540.htm

192. Yuri Gorby, "Biografía", Instituto J. Craig Venter. Disponible en Internet: www.jcvi.org/cms/about/bios/ygorby/

193. Para un panorama sobre el proyecto Bactricity, véase http://2008.igem.org/Team:Harvard/Project

194. Michael Specter, "A Life of Its Own", *The New Yorker,* 28 de septiembre de 2009. Disponible en Internet: www.newyorker.com/reporting/2009/09/28/090928fa_fact_spec ter?currentPage=2

195. Perfil de la empresa Amyris Biotechnologies en Artemisininproject.org (ahora extinta). Archivada en Internet: http://web.archive.org/web/20061011032357/ y http://www.artemisininproject.org/Partners/amyris.htm

196. Una buena discusión sobre la artemisinina puede encontrarse en: www.amyrisbiotech.com/markets/artemisinin

197. Véase, por ejemplo, el mensaje del impulsor de la bioeconomía, Rob Carlson, Comisión Presidencial para el Estudio de Asuntos Bioéticos, "Síntesis", página electrónica de Rob Carlson, 8 de julio de 2010. Disponible en Internet: www.synthesis.cc/2010/07/presidential-commissionfor-the-study-of-bioethical-issues.html

198. Willem Heemskerk *et al.*, "The World of Artemisia in 44 Questions", Ministerio del Exterior (DGIS), Holanda, Instituto Real Tropical, 2006. Disponible en Internet: www.kit.nl/smartsite.shtml?id=5564

199. Rob Carlson, *op. cit*.

200. Grupo ETC, *Ingeniería genética extrema: Una introducción a la biología sintética,* enero de 2007, pp. 40-41. Disponible en Internet: www.etcgroup.org/upload/publication/603/03/synbiospanish_lit e.pdf

201. “Genencor and Goodyear to co-develop renewable alternative to petroleum-derivesd isoprene”, Comunicado de prensa, Genencor, 16 de septiembre de 2008. Disponible en Internet: www.genencor.com/wps/wcm/connect/genencor/genencor/media_relations/news/frontpage/investor_265_en.htm

202. *Ibíd*. Específicamente, “Goodyear escribió: el bioIsopreno puede ser usado para la producción de caucho sintético, el cual es, a su vez, una alternativa al caucho natural y otros elastómeros”.

203. Katherine Bourzac, “Rubber from Microbes: A plant enzyme improves the yield of renewable rubber made by bacteria”, T*echnology Review,* 25 de marzo de 2010. Disponible en Internet: www.technologyreview.com/biomedicine/24862/

204. Toshiya Muranaka, “Replicating the biosynthetic pathways in plants for the production of useful compounds”, *Innovations Report,* 28 de septiembre de 2009. Disponible en Internet: www.innovationsreport.de/html/berichte/biowissenschaften_chemie/replicating_biosynthetic_pathways_plants_production_140571.html

205. Craig Rubens, “Venter's Synthetic Genomics Adds $8M for Palm Oil Research”, *GigaOm,* 20 de octubre de 2008. Disponible en Internet: http://gigaom.com/cleantech/venters-synthetic-genomics-adds-8m-for-palm-oil-research/

206. Discurso de Craig Venter acerca de La Creación de Vida Sintética – La respuesta a tus preguntas, co-producción de ABC-Discovery Channel, difundida por primera vez el jueves 3 de junio de 2010, 8 pm, tiempo del este, Discovery Science Channel, Estados Unidos.

207. Paul Sonne, “To Wash Hands of Palm Oil Unilever Embraces Algae”, *Wall Street Journal*, 7 de septiembre de 2010.

208. Philip Ball, “Yarn spun from nanotubes”, *Nature News,* 12 de marzo de 2004. Disponible en Internet: www.nature.com/news/2004/040312/full/news040308-10.html

209. Michael Postek y Evelyn Brown, “Sustainable, renewable nanomaterials may replace carbon nanotubes”, *SPIE Newsroom,* 17 de marzo de 2009. Disponible en Internet: http://spie.org/x34277.xml?ArticleID=x34277

210. “Innventia: nanocellulose plant to be built in Stockholm, Sweden”, Lesprom.com, Comunicado de prensa, Moscú, 20 de mayo de 2010. Disponible en Internet: http://wood.lesprom.com/news/44275/

211. Michael Berger, “Truly green battery is algae powered”, *Nanowerk News,* 16 de septiembre de 2009. Disponible en Internet: www.nanowerk.com/spotlight/spotid=12645.php

212. Sociedad Global para la Bioenergía (GBEP, Global Bioenergy Partnership), “A Review of the Current State of Bioenergy Development in G8 +5 Countries”, FAO, 2007.

213. Red sobre Políticas en Energías Renovables para el Siglo XXI (REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), *Renewables 2010: Global Status Report*, París, Secretariado de la REN21, 2010.

214. *Ibíd*.

215. El mapa actualizado de las instalaciones para biomasa de la Red de Justicia Energética está disponible en Internet:: www.energyjustice.net/map/biomassproposed

216. Global Data, “The US Biomass Power Market Analysis and Forecasts to 2015”, 18 de mayo de 2010. Disponible en Internet: www.articlesbase.com/business-articles/the-us-biomass-powermarket-analysis-and-forecaststo-2015-2395476.html

217. Asociación Estadounidense de Electricidad por Biomasa (US Biomass Power Association), “Preguntas frecuentes”. Disponible en Internet: www.usabiomass.org/pages/facts.php

218. Jim Carlton, “(Bio)Mass Confusion”, *Wall Street Journal*, 18 de octubre de 2010.

219. REN21, *op. cit*.

220. Innovative Natural Resource Solutions, *Biomass Availability Analysis, Springfield, Massachusetts: Renewable Biomass from the Forests of Massachusetts,* Informe preparado para la División de Recursos Energéticos de Massachusetts y el Departamento de Conservación y Recreación de Massachusetts, enero de 2007. Disponible en Internet: www.mass.gov/Eoeea/docs/doer/renewables/biomass/bio-08-02-28-spring-assess.pdf

221. Josh Schlossbert, “Here is a Bad Idea: Biofuel Gas from Trees”, *The Register-Guard,* Eugene, Oregón, 27 de abril de 2008. Disponible en Internet: www.grassrootsnetroots.org/articles/article_11861.cfm

222. Graham Mole, “Who says it's green to burn woodchips?”, *The Independent*, 25 de octubre de 2009.

223. M.I. Asher *et al*., “International Study of Asthma and Allergies in Childhood, (ISAAC): rationale and methods”, Protocolo para el Estudio Internacional, *European Respiratory Journal*, Salzburgo, Austria, 1995, n. 8, pp. 483-491.

224. Carlos Corvalan *et al*., “Health and Environment in Sustainable Development: Identifying Links and Indicators to Promote Action”, Departmento de Protección del Ambiente Humano, Organización Mundial de la Salud, 1999, p. 242.

225. Departamento de Ecología del Estado de Washington, “The Health Effects of Wood Smoke”, Departamento de Ecología, Programa de Calidad del Aire, marzo de 1997.

226. Dr. Joellen Lewtas, “Contribution of Source Emissions of the Mutagenicity of Ambient Urban Air Particles”, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), #91-131.6, 1991.

227. Jane Koenig y Timothy Larson, “A Summary of Emissions Characterizations and Non-Cancer Respiratory Effects of Wood Smoke”, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), #453/R-93-036, 1992.

228. John A. Cooper, “Environmental Impact of Residential Wood Combustion Emissions and Its Implications”, *APCA Journal*, v.30, n. 8, agosto de 1980.

229. Véase “Dioxin From Wood Burning, Burning issues”. Disponible en Internet: www.burningissues.org/dioxin.htm

230. REN21, *op. cit*.

231. Melinda Wenner, “The Next Generation of Biofuels”, *Scientific American*, 20 de abril de 2009.

232. Philip New, “World market for Biofuels: An acceptable and positive impact”, BP Biofuels, Tema 10, *World Market for Biofuels,* 2006. Disponible en Internet: www.conservacao.org/publicacoes/files/13_Biofuels_Phil_New.pdf

233. OilWakeUpCall.com, "Wake Up America!". Disponible en Internet: www.oilwakeupcall.com/alt_fuels.html

234. Tony Philpott, "World Bank finally releases 'secret' report on biofuels and the food crisis", *Grist,* 31 de julio de 2008. Disponible en Internet: www.grist.org/article/biofuel-bombshell/

235. Mark W. Rosegrant, "Biofuels and Grain Pries: Impacts and Policy Responses", Instituto Internacional para la Investigación sobre Políticas Alimentarias (International Food Policy Research Institute), 7 de mayo de 2008.

236. Ian MacKinnon, "Palm oil: the biofuel of the future driving an ecological disaster now", *The Guardian*, 4 de abril de 2007.

237. Véase el artículo de Wikipedia sobre el etanol en Brasil: http://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel_in_Brazil

238. William Lemos, "Brazil ethanol exports to drop 30 % on closed US arb", artículo y video difundidos a través de ICIS.com, 23 de marzo de 2010. Disponible en Internet: www.icis.com/Articles/2010/03/23/9345185/brazil-ethanol-exportstodrop-30-on-closed-us-arb.html

239. Dr Rosalle Lober, "Big Oil and Biofuels: Are you out there?", *Biofuels Digest,* 21 de septiembre de 2010. Disponible en Internet: http://biofuelsdigest.com/bdigest/2010/09/21/big-oil-and-biofuels-%E2%80%93-are-youout-there/

240. Matilda Lee, "Will sugar be the oil of the 21st century?", *The Ecologist*, 1 de diciembre de 2009.

241. Eduardo Barretoo de Figueiredo *et al*., "Greenhouse gas emission associated with sugar production in Southern Brazil", *Carbon Balance and Management*, junio de 2010.

242. Maggie L. Walser, ed., "Greenhouse gas emissions: perspectives on the top 20 emitters and developed versus developing nations", *Encyclopedia of Earth*, 2 de septiembre de 2009.

243. http://climateandcapitalism.com/?p=209

244. Winnie Gerbens-Leenes *et al*., "The water footprint of bioenergy", *Proceedings of the National Academy of Science and of the United States of America*, 12 de diciembre de 2008.

245. Helen Burley y Hannah Griffiths, "Jatropha: Wonder crop? Experience from Swaziland", Amigos de la Tierra, mayo de 2009.

246. John Carey, "The Biofuel Bubble", *Bloomberg Businessweek*, 16 de abril de 2009.

247. Bill Kovarik, "Solar, wind, water, bioenergy" *The Summer Spirit.* Disponible en Internet: www.radford.edu/~wkovarik/envhist/RenHist/

248. Lisa Gibson, "RFS2 reduces 2010 cellulosic ethanol requirement", *Biomass Magazine*, marzo de 2010.

249. Robert Rapier, "Diminishing Expectations from Range Fuels", *Forbes Blogs,* 25 de febrero de 2010. Disponible en Internet: http://blogs.forbes.com/energysource/2010/02/25/diminishing-expectations-from-range-fuels/

250. Congreso del Auto Verde (Green Car Congress), "BlueFire Renewables Signs 15-Year Off-Take Agreement for Cellulosic Ethanol", 20 de septiembre de 2010. Disponible en Internet: www.greencarcongress.com/2010/09/bluefire-20100920.html

251. "BP and Verenium Form Leading Cellulosic Ethanol Venture to Deliver Advanced Biofuels", BP, Comunicado de prensa, 18 de febrero de 2009. Disponible en Internet: www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=2012968&contentId=7051362

252. Matylda Czarnecka, "BP Buys Verenium's Biofuel Business for $98 Million", *GreenTech,* 15 de julio de 2010. Disponible en Internet: http://techcrunch.com/2010/07/15/bp-biofuel-verenium-98-million

253. Iogen Corporation, Sesiones de Información a la Comunidad de la Planta de Energía Iogen Energy, Saskatchewan, 2009. Más información disponible en Internet en: www.iogen.ca/news_events/events/2009_06_27.html

254. "Mascoma, General Motors Enter Biofuels Pact", *Boston Business Journal,* 28 de mayo de 2008. Disponible en Internet: http://boston.bizjournals.com/boston/stories/2008/04/28/daily45.html

255. *Boston Globe,* "Marathon Invests in Mascoma, Which Raises $61 M.", *Business Updates,* Boston.com. Disponible en Internet: www.boston.com/business/ticker/2008/05/marathon_invest.html

256. Royal Nedalco, "Mascoma Royal Nedalco Signs Agreement to License Technology to Mascoma for Lignocellulosic Ethanol", Comunicado de prensa de Mascoma, marzo de 2007. Disponible en Internet: www.mascoma.com/download/3-1-07%20-%20NedalcoMascomaNewsRelease%20Final.pdf.

257. "Stellenbosch Biomass Technologies forms to commercialize Mascoma technology in South Africa", *Biofuels Digest*, 14 de julio de 2010.

258. Emma Ritch, "Total dives further into biofuels with Coskata investment", Cleantech Group, Cleantech Forum, 11-13 de octubre de 2010. Artículo publicado el 27 de abril de 2010. Disponible en Internet: http://cleantech.com/news/5787/total-biofuel-investment-cleantech-coskata

259. "DuPont and Genencor Create World-Leading Cellulosic Ethanol Company", Comunicado de prensa de Genencor, 14 de mayo de 2008. Disponible en Internet: www.danisco.com/wps/wcm/connect/genencor/genencor/media_relations/investor_257_en.htm

260. POET, "Cellulosic Ethanol Overview". Publicado en la página electrónica de POET en: www.poet.com/innovation/cellulosic/

261. Anna Lynn Spitzer, "Building a Better Biofuel", CAlit2, Universidad de California en Irvine, 30 de abril de 2009. Disponible en Internet: www.calit2.uci.edu/calit2-newsroom/itemdetail.aspx?cguid=372f1edb-dd0d-4fc0-815d-671b153fdf74

262. "Verdezyne Lands Gene Optimization Contract with Novozymes", Comunicado de prensa, Congreso del Auto Verde (Green Car Congress), 13 de abril de 2009. Disponible en Internet: www.greencarcongress.com/2009/04/verdezyne-lands-geneoptimization-contract-with-novozymes.html

263. Véase la página electrónica de Catchlight Energy en: www.catchlightenergy.com/WhoWeAre.aspx

264. Jim Lane, "Portrait of a Transformative Technology: Qteros and its Q Microbe", *Biofuels Digest*, 24 de junio de 2010.

265. David Roberts *et al.*, “4 Technologies on the Brink”, *Wired Magazine*, n. 15-10, 24 de septiembre de 2007.

266. Robert Rapier, “A Visit to the New Choren BTL Plant”, *The Oil Drum,* 6 de mayo de 2008. Publicado en: www.theoildrum.com/node/3938

267. Hank Daniszewski, “Green gem goes bust”, Lfp (London Free Press), 9 de julio de 2010. Disponible en Internet: www.lfpress.com/news/london/2010/07/08/14651701.html

268. Camille Ricketts, “Biofuel leader LS9 buys demo plant to churn out renewable diesel”, *Venture Beat,* 3 de febrero de 2010. Publicado en Internet: http://venturebeat.com/2010/02/03/biofuel-leader-ls9-buys-demo-plant-tochurn-out-renewable-diesel-2/

269. Katie Fehrenbacher, “What You Need to Know from Gevo’s IPO Filing”, *GigaOm,* 13 de agosto de 2010. Publicado en Internet: http://gigaom.com/cleantech/what-you-need-to-know-from-gevos-s-1/

270. Un perfil reciente de Amyris Biotech puede consultarse en: “Synthetic Solutions to the Climate Crisis: The Dangers of Synthetic Biology for Biofuels Production”, Amigos de la Tierra Estados Unidos (Friends of the Earth USA), septiembre de 2010. Disponible en Internet: www.foe.org/healthy-people/synthetic-biology

271. Dennis Bushnell, “Algae: A Panacea Crop? World Future Society”, *The Futurist,* marzo-abril de 2009. Disponible en Internet: www.wfs.org/index.php?q=node/665

272. Alok Jha, “UK announces world’s largest algal biofuel project”, *The Guardian*, 23 de octubre de 2008.

273. Ann Dornfeld, *op. cit*.

274. Katie Howell, “NASA bags algae, wastewater in bid for aviation fuel”, *New York Times,* Greenwire, 12 de mayo de 2009. Publicado en Internet: www.nytimes.com/gwire/2009/05/12/12greenwirenasa-bags-algaewastewater-in-bid-for-aviation-12208.html

275. Saul Griffith, *op. cit*.

276. Andres F. Clarens, Eleazer P. Resurreccion, Mark A. White y Lisa M. Colosi, “Environmental Life Cycle Comparison of Algae to Other Bioenergy Feedstocks”, *Environmental Science & Technology*, 2010.

277. Universidad de Virginia, “Engineers find significant environmental impacts with algaebased biofuel”, *Science Daily*, 25 de enero de 2010. Disponible en Internet: www.sciencedaily.com/releases/2010/01/100121135856.htm

278. Chris Rhodes, “Could Peak Phosphate be Algal Diesel’s Achilles Heel?”, *Energy Balance,* 6 de abril de 2008. Publicado en Internet: http://ergobalance.blogspot.com/2008/04/peak-phosphate-algal-diesels-achilles.html

279. Bioethics.gov, “Benefits and Risks of Synthetic Biology”, Comisión Presidencial para el Estudio de Asuntos Bioéticos, Transcripciones, 8 de julio de 2010. Disponible en Internet: www.bioethics.gov/transcripts/syntheticbiology/070810/benefits-and-risks-of-synthetic-biology.html

280. “Possible Fix for Global Warming? Environmental Engineers Use Algae to Capture Carbon Dioxide”, *Science Daily,* Video científico, 1 de abril de 2007. Publicado en Internet: www.sciencedaily.com/videos/2007/0407-possible_fix_for_global_warming.htm

281. Zach Patton, “States Test Algae as a Biofuel”, *Governing,* octubre de 2010. Publicado en Internet: www.governing.com/topics/energy-env/states-test-algae-biofuel.html

282. Emil Jacobs, de Exxon-Mobil, en conferencia de prensa convocada por Synthetic Genomics Inc y Exxon-Mobil sobre las algas sintéticas, 14 de julio de 2010, Torrey Pines Mesa, San Diego, California.

283. J. Craig Venter, de Synthetic Genomics Inc., en conferencia de prensa convocada por Synthetic Genomics Inc y ExxonMobil sobre las algas sintéticas, 14 de julio de 2010, Torrey Pines Mesa, San Diego, California.

284. J. Craig Venter, declaración preparada ante el Comité de Energía y Comercio de la Cámara de Representante del Congreso de Estados Unidos, 27 de mayo de 2010.

285. Katie Fehrenbacher, “Investors Fuel Solazyme With $52M for Algae”, *GigaOm,* 9 de agosto de 2010. Publicado en Internet: http://gigaom.com/cleantech/investors-fuel-solazyme-with-52m-for-algae/

286. Sapphire Energy, “Top Industries Converge on Sapphire Energy’s Algae-Fuel Plans”, Comunicado de prensa, 5 de abril de 2010.

287. Karin Kloosterman, “TransAlgae Seed a Need for Green Feed”, *Green Prophet,* 16 de mayo de 2010. Publicado en Internet: www.greenprophet.com/2010/05/transalgae-biofuel-algae-seed/

288. *Ibíd*.

289. Solicitud de patente US20090215179A1, Prevención transgénica del establecimiento y difusión de algas transgénicas en ecosistemas naturales, John Dodds y asociados, marzo de 2003.

290. Dana Hull, “Solazyme to announce Navy contract for algae-based fuel”, *San Jose Mercury News*, 15 de septiembre de 2010.

291. Marc Gunther, “Gee whiz, algae!”, *The Energy Collective,* 12 de septiembre de 2010. Publicado en Internet: http://theenergycollective.com/marcgunther/43293/gee-whiz-algae

292. Matthew L. Wald, “Biotech Company to Patent Fuel-Secreting Bacterium”, *New York Times*, 13 de septiembre de 2010.

293. Joshua Kagan, “Valero Invests in Algenol: What’s Going On?”, *Greentech Media,* 10 de mayo de 2010. Publicado en Internet: www.greentechmedia.com/articles/read/valero-invests-in-algenol/

294. http://www.cellana.com

295. Deutsche Bank Research estimó las ventas de la industria química global en 2.3 billones de euros en 2007. Véase “World chemicals market asia gaining ground,” Deutsche Bank Research, 28 de julio de 2008. También en 2007, el valor del euro era de alrededor de 1.3 dólares. La cifra incluye las ventas farmacéuticas. Las estimaciones hechas por CEFIC desagregaron las ventas de la industria química (sin incluir a la farmacéutica) en 0.182 mil millones de euros. Fuente: Consejo Europeo de la Industria Química. Publicado en Internet en: http://www.cefic.org/factsandfigures/level02/profile_index.html

296. Herbert Danner y Rudolf Braun, "Biotechnology for the Production of Commodity Chemicals from Biomass", *Chemical Society Review*, n. 28, pp. 395-405, 1999.

297. David Morris e Irshad Ahmed, *op. cit*.

298. "U.S. Biobased Products, Market Potential and Projections Through 2025", Oficina del Economista en Jefe, Oficina de Política Energética y Nuevos Usos, Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Preparado conjuntamente por la Oficina de Política Energética y Nuevos Usos, el Centro para la Investigación y Servicios Industriales de la Universidad Estatal de Iowa, Informa Economics, el Instituto de Biotecnología de Michigan y The Windmill Group. OCE-2008-1, 293 pp. Disponible en Internet: www.usda.gov/oce/reports/energy/index.htm

299. "Amyris: Farnesene and the pursuit of value, valuations, validation and vroom", *Biofuels Digest,* 25 de junio de 2010. Disponible en Internet: www.biofuelsdigest.com/biotech/2010/06/25/amyris-the-pursuit-ofvalue-valuations-and-validation/

300. "Amyris Enters into Multi-Producs Collaboration and Off-Take Agreements with the Procter and Gamble Company", Comunicado de prensa de Amyris, 24 de junio de 2010.

301. "Amyris and M&G Finanziaria Enter into Off-Take Agreement", Comunicado de prensa de Amyris, 24 de junio de 2010.

302. "Goodyear, Genencor Partner on True Green Tire Project", *Tire Review,* 1 de abril de 2010. Publicado en Internet: www.tirereview.com/Article/72334/goodyear_genencor_partner_on_true_green_tire_project.aspx

303. Peg Zenk, "Biotech's Third Wave", *Farm Industry News,* 1 de febrero de 2007. Disponible en Internet: http://farmindustrynews.com/biotechs-third-wave

304. Doris de Guzman, "DuPont Tate & Lyle expands bio-PDO", ICIS *Green Chemicals,* 4 de mayo de 2010. Disponible en Internet: www.icis.com/blogs/green-chemicals/2010/05/dupont-tate-lyle-expands-bio-p.html

305. *Ibíd*.

306. Bioamber, Succinic Acid and its Industrial Applications, página electrónica. Publicada en: www.bio-amber.com/succinic_acid.html

307. Al Greenwood, "Bio-succinic acid can beat petchems on price", ICIS.com, 18 de febrero de 2010. Disponible en Internet: www.icis.com/Articles/2010/02/18/9336112/corrected-bio-succinic-acid-can-beat-petchems-onprice.html

308. "Myriant Technologies Receiving Funds under $50 Million DOE Award for Succinic Acid Biorefinery Project", Comunicado de prensa de Myriant Technologies, 7 de abril de 2010.

309. Plastemart.com, "Newer investments and developments in polymers from renewable resources", Publicado en Internet: www.plastemart.com/upload/Literature/Newer-investments-anddevelopments-polymers-fromrenewable-%20resources.asp.

310. Will Beacham, "Algae-based bioplastics a fast-growing market" ICIS, 18 de junio de 2010. Publicado en Internet: www.icis.com/Articles/2010/06/21/9368969/algae-based-bioplastics-a-fast-growing-market.html

311. Douglas A. Smock, "Bioplastics: Technologies and Global Markets", BCC Research, septiembre de 2010.

312. IBAW, "Highlights in Bioplastics", Publicación de IBAW, enero de 2005.

313. L. Shen, "Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-Based Plastics", PRO-BIP 2009, Informe final, junio de 2009.

314. Chandler Slavin, "Bio-based resin report!", Blog Recyclable Packaging, 19 de mayo de 2010. Publicado en Internet: http://recyclablepackaging.wordpress.com/2010/05/19/bio-based-resin-report/

315. SustainablePlastics.org, "Will Bioplastics Contaminate Conventional Plastics Recycling?", Publicado en Internet: www.sustainableplastics.org/bioplastics/issues-with-recycling

316. L. Shen, *op. cit*.

317. Jon Evans, "Bioplastics get Growing", *Plastics Engineering,* febrero de 2010, p. 19. Disponible en Internet: www.4spe.org

318. "Dow and Crystalsev Announce Plans to Make Polyethylene from Sugar Cane in Brazil", Comunicado de prensa de Dow Chemical, 19 de julio de 2007. Publicado en Internet: http://news.dow.com/dow_news/prodbus/2007/20070719a.htm

319. La cifra de 8 millones de toneladas proviene de *Biofuels Digest,* "Dow, Crystalsev in ethanol-to-polyethylene project in Brazil", junio de 2008. Publicado en Internet: www.biofuelsdigest.com/blog2/2008/06 /05/dowcrystalsev-in-ethanol-to-polyethylene-project-inbrazil/
La caña de azúcar brasileña rinde aproximadamente 35 toneladas por acre (86.5 toneladas por hectárea).

320. Susanne Retka Schill, "Braskem starts up ethanol-ethylene plant", *Ethanol Producer Magazine*, 1 de octubre de 2010.

321. "New PlantBottle brings eco-friendly packaging to water brands", *Packaging Digest,* 14 de mayo de 2009. Disponible en Internet: www.packagingdigest.com/article/345481-Coca_Cola_Company_introduces_bioplastic_bottle.php

322. Véase la lista actualizada (2010) de la docena de productos sucios, elaborada por EWG Wellsphere.com, 29 de abril de 2010. Publicada en Internet: www.wellsphere.com/healthy-living-article/new-2010-dirty-dozen-produce-list-update-releasedby-ewg/1093286

323. GMO Compass, página electrónica: www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/17.docu.html

324. Jerry W. Kram, "Metabolix grows plastic (producing) plants", *Biomass Magazine,* octubre de 2008. Publicado en Internet: www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=2054

325. Colectivo de Biomateriales Sustentables (Sustainable Biomaterials Collective), "Bioplastics and Nanotechnology". Publicado en Internet: www.sustainableplastics.org/bioplastics/bioplastics-and-nanotechnology

326. Jim Thomas, "Plastic Plants", *New Internationalist,* n. 415, septiembre de 2008. Publicado en Internet: www.newint.org/features/2008/09/01/plastic-plants/

327. Colectivo de Biomateriales Sustentables (Sustainable Biomaterials Collective), "Guidelines for Sustainable Bioplastics", Versión 1.0, mayo de 2009. Publicado en Internet: www.sustainablebiomaterials.org/index.php?q=bioplastics

Grupo ETC

Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración

El Grupo ETC es una organización internacional de la sociedad civil. Trabajamos investigando los impactos ambientales, sociales y económicos relativos a nuevas tecnologías, a nivel global y particularmente sobre pueblos indígenas, comunidades rurales y la biodiversidad. Investigamos la erosión ecológica (incluyendo los aspectos de erosión cultural y derechos humanos); el desarrollo de nuevas tecnologías y monitoreamos cuestiones de gobierno internacional, como la concentración de las corporaciones y comercio internacional de tecnologías. Operamos a nivel político global y tenemos estatus consultivo en varias agencias y tratados de Naciones Unidas. Trabajamos con otras organizaciones de la sociedad civil y movimientos sociales, especialmente en África, Asia y América Latina. Contamos con oficinas en Canadá, Estados Unidos, México y Filipinas.

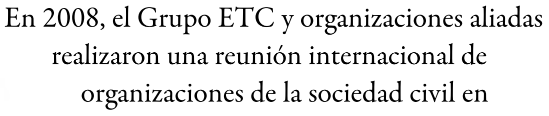
Se puede descargar ésta y otras publicaciones del Grupo ETC sobre biología sintética en:

www.etcgroup.org/es/los_problemas/biologia_sintetica

Contacto:

431 Gilmour St, Second Floor
Ottawa, ON K2P 0R5, Canada
Tel: 1-613-241-2267 (Eastern Time)
Correo electrónico: grupoetc@etcgroup.org
Sitio web: www.etcgroup.org

BANG!



En 2008, el Grupo ETC y organizaciones aliadas realizaron una reunión internacional de organizaciones de la sociedad civil en Montpellier, Francia, bajo el nombre BANG – siglas que expresan la convergencia de Bits, Átomos, Neuronas y Genes. Allí el Grupo ETC se comprometió a preparar una serie de documentos de contexto sobre algunas de las nuevas tecnologías más significativas, que pudieran servir a nuestros colegas y delegados de gobiernos a comprender estos desarrollos y responder a ellos.

Este informe es uno de tres estudios realizados:

Geopiratería: argumentos contra la geoingeniería
(Communiqué 103)

Los nuevos amos de la biomasa: biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad
(Communiqué 104)

¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica
(Communiqué 105)

El Grupo ETC también finalizó la edición del libro "BANG", en el que se proyecta el impacto que la convergencia tecnológica podría tener durante los próximos 25 años. Si bien el libro no pertenece al género de ciencia ficción, la utiliza para describir cuatro diferentes escenarios para el próximo cuarto de siglo. "BANG" ya fue publicado en Alemania por Oekom con el título "Next BANG."

El Grupo ETC publicará todos estos informes en inglés, francés y español.

Los nuevos amos de la Biomasa

Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad

Las compañías de energía de todo el planeta, las agroindustrias, las empresas de química, nanotecnología y biotecnología; todas están colaborando para construir una "nueva bioeconomía" —derivada de la explotación de la biomasa— con técnicas como la biología sintética. Buscan transformar la biomasa en combustibles, compuestos químicos y energía. Lo que nos quieren vender como el "cambio" de los combustibles fósiles a una economía verde, en realidad es un renovado acaparamiento de tierra y territorios, conocimiento y recursos de los pueblos en el Sur global.

Con diseños del Colectivo La Colmena

